

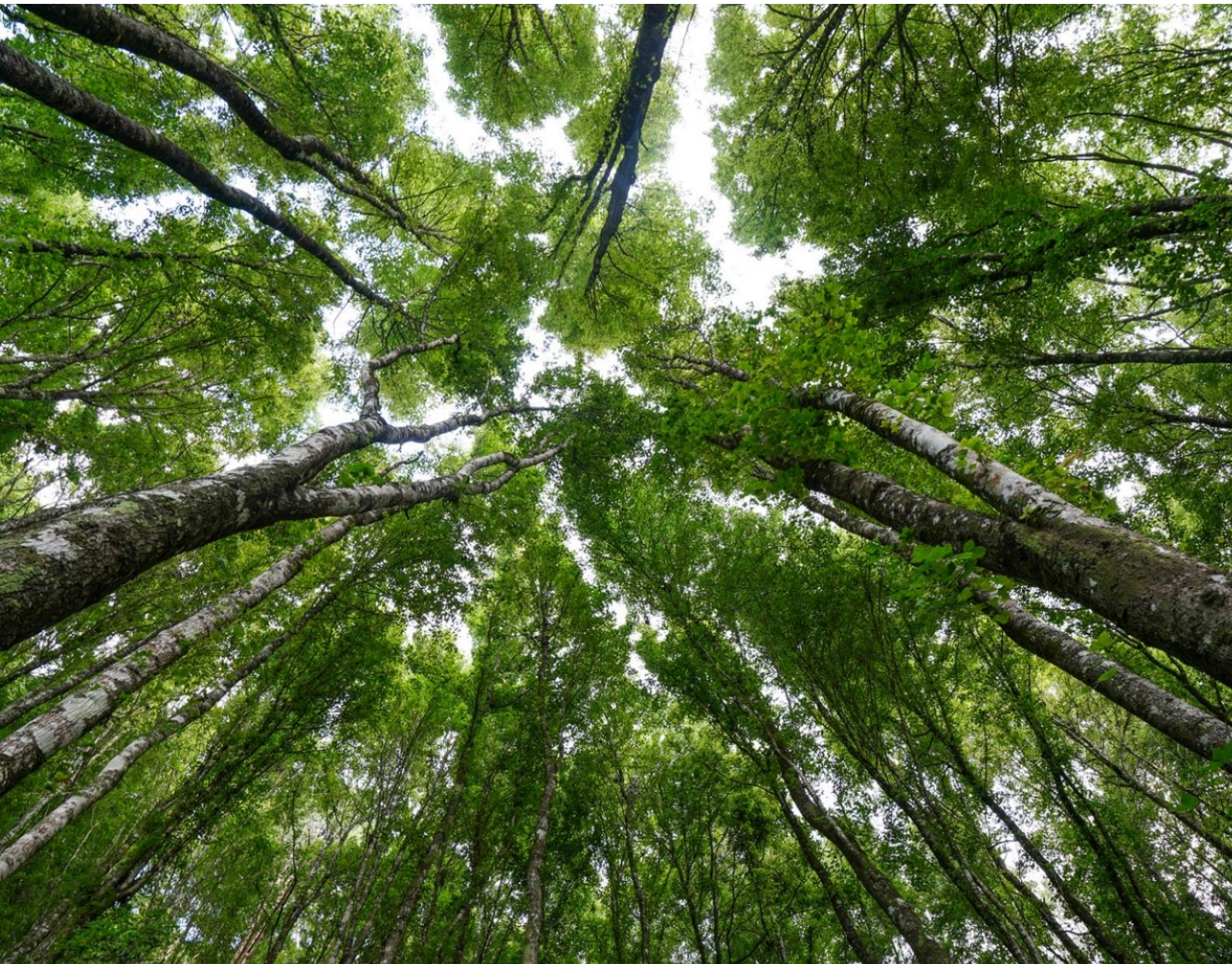


วารสารวนศาสตร์ไทย THAI JOURNAL OF FORESTRY

ปีที่ ๔๒ ฉบับที่ ๒ กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๖๖
Volume 42 Issue 2 July - December 2023

ISSN 2730-2180 (Print)

E-ISSN 2822-115X (Online)



[ภาพ: ผศ. ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย]

วารสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
จัดพิมพ์โดยศูนย์วิจัยป่าไม้ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ



วารสารวิทยาศาสตร์ไทย

เจ้าของ

คณะกรรมการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

ศ. ดร.นิพนธ์ ตั้งธรรม

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

รศ. ดร.อุทิศ ภูอินทร์

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

ศ. ดร.ดอกรัก มารอด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.สันต์ เกตุปราณี

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

รศ. ดร.เดชา วิวัฒน์วิทยา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.สันติ สุขสอาด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.ประทีป ตังวณ

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ. ดร.นิคม แผลมลัก

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ. ดร.ลดาวัลย์ พวงจิตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.พสุธา สุนทรห้าว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้จัดการ

นางวรรณภรณ์ ลำไย

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ : 0-2561-4761 E-mail: frc@ku.th Web site: tci.thaijo.org/index.php/tjif

ศ. ดร.สุนทร คำยอง

ข้าราชการบำนาญมหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศ. ดร.ดุสิต เวชกิจ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช

รศ. ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รศ. ดร.สุระ พัฒนเกียรติ

มหาวิทยาลัยมหิดล

ผศ. ดร.เชิดศักดิ์ ทัพโพ

มหาวิทยาลัยนครสวรรค์

ผศ. ดร.บุญวงศ์ ไทยอุตสาห

มูลนิธิโครงการหลวง

ผศ. ดร.กัมปกริช บุญประกอบ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Prof. Dr. Olavi Luukkanen

University of Helsinki, Finland

Prof. Dr. Hiroshi Takeda

Kyoto University, Japan

Prof. Dr. Roger Kjelgren

Utah State University, USA

Dr. Andrew J. Warner

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผู้ช่วยผู้จัดการ

น.ส.ละอองดาว เถาว์พิมาย

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

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤงโทยาน จังหวัดพิษณุโลก สุภัชญา เวชวิฐาน, สันติ สุขสะอาด และ สาวิตรี พิสุทธิพิเชษฐ์	1
การคาดคะเนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของการปลูกป่าแบบประณีต ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง อารีรัตน์ เขียวสรวงกุล, พสุธา สุนทรห้าว และ สคาร ทิจันทร์	13
การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนโดยใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันบริเวณลุ่มน้ำแม่สาตอนบน อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ สุธาสนี เพชรหาญ และ ชัชชัย ตันตลีรินทร์	25
ศักยภาพเส้นใยต้นอ้อยักษ์ (<i>Arundo donax</i> L.) ในประเทศไทยสำหรับอุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์ ธิติมา เลาหลินณรงค์, สาวิตรี พิสุทธิพิเชษฐ์, บัณฑิต พวงศิลป์ และ ธีรวัธ อาจสำอางค์	39
การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2556-2565 ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ อลงกต ปากาศ, ภูพิชิต ช่วยบำรุง และ ศิริลักษณ์ เจนการวณิช	50
การแทรกค่าเชิงพื้นที่ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน อุษาวรรณ อุบัติตร และ ชัชชัย ตันตลีรินทร์	63
ถิ่นอาศัยของจระเข้น้ำจืด (<i>Crocodylus siamensis</i>) ในแม่น้ำเพชรบุรี อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ภาคตะวันตกของประเทศไทย กษิติศ จันประดับ, พรเทพ เหมือนพงษ์, วรงค์ สุขเศวต และ รongลาภ สุขมาสรวง	77
มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าในป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี บุญยวิจน์ มีสมคิด, สันติ สุขสะอาด และ อภิชาติ ภัทรธรรม	90
ลักษณะการทำลายของหนอนไม้ไผ่ (<i>Omphisa fuscidentalis</i>) ในไผ่หวานอ่างช้าง (<i>Dendrocalamus latiflorus</i>) ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ วรรณภา เขียวนิล, เดชา วิวัฒน์วิทยา และ สรวุธ สังข์แก้ว	99
การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าปลูกทดแทนด้วยข้อมูลจากดาวเทียม Sentinel-2 บริเวณเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง วิระภาส คุณรัตน์ศิริ, อลงกรณ์ อะมะระกุล, ลัดดาวรรณ เจริญยุทธระกุล และ จูตินันท์ หุตะยานนท์	113

สารบัญ (ต่อ)

นิพนธ์ต้นฉบับ	หน้า
กำลังผลิตสำรองและการกักเก็บคาร์บอนของไฟในป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย เปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ของชุมชน <i>ศุขวุฒิ ศรีพระยา, พสุธา สุนทรห้าว และ นิตยา เมี้ยนมิตร</i>	123
การกลับคืนของแมลงผิวดินภายหลังการเผา บริเวณอุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน <i>กรรณิกา เชื้อทอง, วัฒนชัย ตาเสน และ กอบศักดิ์ วันธงไชย</i>	135
โครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินบริเวณสวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว <i>สมฤติ จันบุบผา, วัฒนชัย ตาเสน และ สุธีร์ ดวงใจ</i>	145
ความหลากหลายและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นและไม้รุ่ม ในป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุดรธานี <i>บุญสืบ แซ่บุญตัน, ปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ์ และ สาทิศ ดิลกสัมพันธ์</i>	155
สังคมกล้าไม้ของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ภายใต้การรุกรานของต้นสาบเสือ (<i>Chromolaena odorata</i>) ในวนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง จังหวัดเชียงราย <i>เสาวรส ชมภูเทพ, กมลพร ปานง่อม, อีสริย์ ฮาวปิ่นใจ และ ต่อลาภ คำโย</i>	169
Termite (Subterranean <i>Macrotermes carbonarius</i>) attack Rating of Thermally Treated Teak (<i>Tectona grandis</i> L.f.) Plywood <i>Douangta Bouaphavong, Songklod Jarusombuti, Teera Veenin, Khamtan Phonetip, Khonethong Soukphaxay and Somxay Khamboudaphan</i>	180
การทดสอบสายต้นกระถินลูกผสม ณ สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา <i>โสภิตา ยี่สุนลี, สมพร แม่ลิ้ม, วาทีนี สวนผกา และ นิเวศน์ ปานรอด</i>	189
โครงสร้างป่าและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นในป่าบริเวณพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน <i>กานต์ธัญญ์ กวินพลอาสา, ธนากร ลัทธิธีระสุวรรณ, ฑีฆา โยธาทักดี และ อีสริย์ ฮาวปิ่นใจ</i>	199

นิพนธ์ต้นฉบับ

มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกธยาน จังหวัดพิษณุโลก

Recreational Value of Sakunothayan Botanical Garden, Phitsanulok Province

สุรัชญา เวชวิฐาน^{1,2}Supatchaya Wechvitan^{1,2}สันติ สุขสอาด^{1*}Santi Suksard^{1*}สาวตรี พิสุทธิพิเชฐ¹Sawitree Pisuttiwiched¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 11 (พิษณุโลก) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Protected Area Regional Office 11 (Phitsanulok), Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 13 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 12 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The objectives of the study were to determine the socio-economy characteristics, general information on recreation of visitors and evaluation of the recreational value of the Sakunothayan Botanical Garden, Phitsanulok province. The estimations were done by using individual travel cost method (ITCM) and contingent valuation method by willingness to pay (WTP). Data were collected by interviewing 398 visitors who traveled to the Botanical Garden during January to April 2022.

The results indicated that a majority of visitors were male with an average age of 32.68 years. Most visitors had an undergraduate degree with their occupation primarily being personal business /trade with an average income of 16,414.82 Baht/month. Most of the visitors had visited the Sakunothayan Botanical Garden an average of 4.28 times and came for recreation with their families of an average size of 4 persons. The average distance from the accommodation to Sakunothayan Botanical Garden is 71.39 km, with most of the visitors using their personal vehicles. The average travel expenses were 227.58 Baht, and the average level of satisfaction was high.

The recreational value of the Sakunothayan Botanical Garden, as calculated by the ITCM was 11,658,634.90 Baht/year, while that estimated using the contingent valuation method by WTP was 1,188,832.08 Baht/year. This study can be used during the budgetary allocation planning for resource maintenance, area and facility management and can also be used as a criterion for determining the appropriate service fee that can be levied for the Sakunothayan Botanical Garden.

Keywords: Recreation; Sakunothayan Botanical Garden; Value

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนันทนาการของผู้มาเยือน และเพื่อประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย ใช้แบบสัมภาษณ์ผู้มาเยือนสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน จำนวน 398 คน ช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565

ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 32.68 ปี จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 16,414.82 บาท เคยเดินทางมาเที่ยวเฉลี่ย 4.28 ครั้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อพักผ่อนหย่อนใจ ส่วนใหญ่เดินทางมากับครอบครัว สมาชิกร่วมเดินทางเฉลี่ย 4 คน มีระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานเฉลี่ย 71.39 กิโลเมตร เดินทางด้วยรถยนต์ส่วนตัว มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ย 227.58 บาท และมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานโดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล มีมูลค่า 11,658,634.90 บาทต่อปี และการประเมินมูลค่าทางนันทนาการด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย มีมูลค่า 1,188,832.08 บาทต่อปี การศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลไปใช้ประกอบการวางแผนจัดสรรงบประมาณในการดูแลรักษาทรัพยากร การจัดการพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวก และใช้ประกอบการพิจารณาเกณฑ์การกำหนดอัตราเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานให้เหมาะสมได้

คำสำคัญ: นันทนาการ สวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน มูลค่า

คำนำ

สวนพฤกษศาสตร์เป็นพื้นที่จัดรวบรวมพรรณไม้ โดยมีการจัดแยกพรรณไม้ออกเป็นหมวดหมู่ ตามหลักพฤกษศาสตร์ หรือตามหลักอนุกรมวิธานพืช เพื่อให้เป็นแหล่งอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นสถานที่ศึกษาค้นคว้าวิจัยทางวิชาการ และใช้เป็นสถานที่พักผ่อนหย่อนใจของประชาชน (National Park Act, B.E. 2562, 2019) ในช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช หน่วยงานผู้รับผิดชอบดูแลสวนพฤกษศาสตร์ มีนโยบายทำงานเชิงรุกโดยการเพิ่มบทบาทให้สวนพฤกษศาสตร์ในฐานะคลังสินค้า คือเป็นแหล่งรวบรวม และอนุรักษ์พันธุ์พืช โดยเฉพาะพืชหายาก ใกล้สูญพันธุ์ และพืชที่มีประโยชน์ด้านต่าง ๆ เช่น พืชสมุนไพร พืชอาหาร และไม้หอม บทบาทในฐานะคลังความรู้ คือการเป็นแหล่งรวบรวมจัดแสดง และถ่ายทอดความรู้ด้านพรรณไม้ ป่าไม้ และการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติสู่ประชาชน และบทบาทในฐานะคลังความสุขของประชาชนในการเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ และนันทนาการแก่ประชาชน (Prayurasiddhi, 2012) ปัจจุบันมีสวนพฤกษศาสตร์ที่อยู่ในความรับผิดชอบของกรมอุทยาน-แห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช แบ่งตามภูมิภาค ดังนี้ ภาคเหนือ จำนวน 1 สวน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 3 สวน ภาคกลาง จำนวน 3 สวน ภาคตะวันออก จำนวน 3 สวน และ

ภาคใต้ จำนวน 6 สวน รวมทั้งสิ้น 16 สวน (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2021)

สวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน จังหวัดพิษณุโลก เป็นอีกพื้นที่หนึ่งที่เปิดให้ประชาชนสามารถเข้าไปใช้ประโยชน์พื้นที่ในการศึกษาหาความรู้ และพักผ่อนหย่อนใจ ซึ่งนับเป็นแหล่งนันทนาการที่จัดเป็นสวัสดิการสังคมประเภทหนึ่งที่รัฐจัดขึ้นเพื่อให้บริการแก่ประชาชน โดยไม่มีการเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการ และปัจจุบันยังไม่ได้มีการประเมินมูลค่าเป็นตัวเงินอย่างชัดเจน ทำให้ไม่มีข้อมูลเพื่อแสดงให้ประชาชนรับรู้ และตระหนักถึงคุณค่าของทรัพยากรในพื้นที่ ดังนั้น การศึกษาการประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์-สุโกณทยาน จะสามารถแสดงให้เห็นถึงมูลค่าของแหล่งนันทนาการซึ่งมีลักษณะเป็นนามธรรมยากแก่การประเมินค่าที่ออกมาในรูปตัวเงินของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน และสะท้อนให้เห็นว่าประชาชนนั้นให้ความสำคัญและเห็นคุณค่าของทรัพยากรธรรมชาติมากน้อยเพียงใด ทั้งนี้ สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการเผยแพร่ให้ประชาชนรับรู้ และตระหนักถึงคุณค่าความสำคัญของทรัพยากร ตลอดจนนำไปเป็นข้อมูลประกอบการกำหนดแผนงานพัฒนาสวนพฤกษศาสตร์ รวมถึงการจัดสรรงบประมาณที่เหมาะสมในการดูแลรักษาทรัพยากร และบริหารจัดการพื้นที่เพื่อการให้บริการด้านการท่องเที่ยว และนันทนาการอย่างเหมาะสมต่อไป

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนันทนาการของผู้มาเยือนที่เดินทางมาสวนพฤกษศาสตร์-สกุณทยาน และ 2) เพื่อประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน จังหวัดพิษณุโลก โดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล (individual travel cost method: ITCM) และวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่า (contingent valuation method: CVM) โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย (willingness to pay: WTP)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษานี้ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ เครื่องคอมพิวเตอร์ และโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) รวบรวมข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย และสถิติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ และข้อมูลของสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้แบบสัมภาษณ์ในการสัมภาษณ์ผู้มาเยือนที่เดินทางมาสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน จังหวัดพิษณุโลก โดยแบ่งเนื้อหาของแบบสัมภาษณ์ออกเป็น 5 ส่วน ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือน ส่วนที่ 2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนันทนาการของผู้มาเยือน ส่วนที่ 3 การเดินทางและค่าใช้จ่ายของผู้มาเยือน ส่วนที่ 4 ความพึงพอใจของผู้มาเยือน และส่วนที่ 5 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน

นำแบบสัมภาษณ์ไปทำการทดสอบเบื้องต้น (pre-test) กับกลุ่มตัวอย่างของผู้มาเยือนในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน จำนวน 30 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (reliability) ของคำถามเกี่ยวกับความพึงพอใจ (ส่วนที่ 4) โดยคำนวณหาค่าแอลฟาด้วยวิธีการของ Cronbach ทั้งนี้ ค่าความเชื่อมั่นจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 0.80 (Thaweerat, 2000) จากการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91

โดยกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane (Yamane, 1973) และกำหนดค่าความคลาดเคลื่อน 0.05 โดยมีผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวที่สวนพฤกษศาสตร์-สกุณทยาน เฉลี่ยในปี พ.ศ. 2560 – 2564 จำนวน 55,346 คน

(Sakunothayan Botanical Garden, 2021) ได้จำแนกกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 398 ตัวอย่าง นำแบบสัมภาษณ์ไปเก็บข้อมูลผู้มาเยือนที่เข้ามาใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน ในช่วงเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2565

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือน ได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพสมรส ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ข้อมูลเกี่ยวกับการเดินทางมานันทนาการในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน ความพึงพอใจที่มีต่อการให้บริการ สิ่งอำนวยความสะดวก และความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการ โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในรูปของความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด และค่าสูงสุด

2. การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

2.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการมาท่องเที่ยวในสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยานกับตัวแปรอิสระที่กำหนด โดยกำหนดนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังสมการที่ (1)

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

โดยที่ V_i = จำนวนครั้งในการมาเที่ยวของผู้มาเยือน (ครั้ง/ปี)

TC_i = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาเที่ยวของผู้มาเยือน (บาท/ครั้ง)

A_i = อายุของผู้มาเยือน (ปี)

I_i = รายได้ต่อเดือนของผู้มาเยือน (บาท/เดือน)

E_i = ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (จำนวนปีที่ใช้ในการศึกษา)

L_i = ระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สกุณทยาน (กิโลเมตร)

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

i = ผู้มาเยือนที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, 398$

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราการมาท่องเที่ยวกับตัวแปรอิสระ โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน (stepwise multiple regression analysis) และนำมาทำการประมาณการเส้นอุปสงค์ของการมาท่องเที่ยวในสวน-พฤกษศาสตร์สกุณทยาน

2.2 การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน จากความพอใจส่วนเกินของผู้มาเยือนที่มาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานด้วยการคำนวณพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ ซึ่งเป็นตัวแทนของมูลค่าประโยชน์ทางด้านนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานที่เกิดจากความพอใจส่วนเกินของผู้มาเยือนที่เข้ามาเที่ยวในสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานทั้งหมดในช่วงเวลาที่ศึกษา โดยนำสมการอุปสงค์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของการเดินทางมาเที่ยวกับค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวในสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานมาคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภค (consumer surplus: CS)

คำนวณหาค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด (choke price) ของกลุ่มผู้มาเยือน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด ที่กลุ่มผู้มาเยือนเต็มใจจ่ายในการมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน โดยหาได้จากการนำค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวทั้งหมดของผู้มาเยือนแต่ละคนมาเรียงลำดับจากน้อยที่สุดไปหามากที่สุด แล้วกำหนดเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ของข้อมูลค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือน (Thailand Development Research Institute, 2000)

นำสมการที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการมาเที่ยวของบุคคลที่ i กับตัวแปรต่าง ๆ ทางเศรษฐกิจและสังคม ต่อครั้งของบุคคลที่ i มาคำนวณหาส่วนเกินของผู้บริโภคทั้งหมด โดยหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ด้วยวิธีการปริพันธ์ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ยของแต่ละบุคคลถึงค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุดของแต่ละบุคคล ดังสมการที่ (2)

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

โดยที่ CS_i = ส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมด (บาทต่อปี)

TC = ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ยของผู้มาเยือน (บาท)

$TC (max)$ = ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด (บาท)

จากนั้นคำนวณหาส่วนเกินของผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวในสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเฉลี่ยต่อครั้ง (average consumer surplus: ACS) โดยคำนวณจากส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวในสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานทั้งหมด หาค่าด้วยจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเฉลี่ยของบุคคล (V_i) ดังสมการที่ (3)

$$ACS = CS_i / V_i \quad (3)$$

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

CS_i = ส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมด (บาท/ปี)

คำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานทั้งหมด (มูลค่าทางนันทนาการ) โดยนำค่าส่วนเกินผู้บริโภคเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) คูณด้วยจำนวนผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเฉลี่ย (ปี พ.ศ. 2560 – 2564) (N) ดังสมการที่ (4)

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

โดยที่ CS = มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน (บาท/ปี)

N = จำนวนผู้มาเยือนเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2560 – 2564 (55,346 คน)

3. การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน ด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ในการประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย ซึ่งมีขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนกับตัวแปรอิสระที่กำหนด โดยใช้สมการถดถอยพหุคูณแบบขั้นตอน ดังสมการที่ (5)

$$WTP = f(I_i, E_i, A_i, T_i, M_i, L_i, TC_i, S_i) \quad (5)$$

โดยที่ WTP = ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือน (บาท/ครั้ง)

I_i = รายได้ต่อเดือนของผู้มาเยือน (บาท)

E_i = ระดับการศึกษาของผู้มาเยือน (จำนวนปีที่ได้รับการศึกษา)

A_i = อายุของผู้มาเยือน (ปี)

T_i = จำนวนครั้งที่มาสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน (ครั้ง)

M_i = จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือนที่มาในครั้งนี้ (คน)

L_i = ระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยาน (กิโลเมตร)

TC_i = ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาเที่ยวของผู้มาเยือน (บาท)

Sa_i = ระดับความพึงพอใจของผู้มาเยือน (คะแนน)

i = ผู้มาเยือนที่ i โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, 398$

นำค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายมาแทนค่าในสมการเพื่อหาค่าเฉลี่ยของความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยานของผู้มาเยือนต่อครั้ง

3.2 คำนวณมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยานโดยนำค่าเฉลี่ยของความเต็มใจที่จะจ่ายของผู้มาเยือนต่อครั้งคูณกับจำนวนผู้มาเยือนเฉลี่ย (ปี พ.ศ. 2560 – 2564) ดังสมการที่ (6)

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

โดยที่ V = มูลค่านันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยาน (บาท)

WTP = ค่าความเต็มใจจ่ายค่าธรรมเนียมฯ เฉลี่ยต่อครั้ง (บาท)

N = จำนวนผู้มาเยือนเฉลี่ย ในปี พ.ศ. 2560–2564 (55,346 คน)

ผลและวิจารณ์

ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม และข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนันทนาการของผู้มาเยือน

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้มาเยือนที่เดินทางมาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยาน มีรายละเอียดดังนี้

เพศ พบว่า ผู้มาเยือนเพศชายมากกว่าเพศหญิงเล็กน้อย โดยเป็นเพศชาย ร้อยละ 54.27 และเพศหญิง ร้อยละ 45.73

อายุ พบว่า ผู้มาเยือนมีอายุ 20–29 ปี คิดเป็นร้อยละ 35.93 รองลงมาคืออายุ 30–39 ปี 40–49 ปี อายุต่ำกว่า 20 ปี 50–59 ปี และมีอายุตั้งแต่ 60 ปีขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 28.64, 14.82, 10.55, 7.79 และ 2.26 ตามลำดับ โดยมีอายุน้อยที่สุด 16 ปี อายุมากที่สุด 67 ปี และมีอายุเฉลี่ย 32.68 ปี

สถานภาพการสมรส พบว่าผู้มาเยือนมีสถานภาพโสด คิดเป็นร้อยละ 54.77 รองลงมาคือ สมรส และหย่าร้าง/หม้าย/แยกกันอยู่ คิดเป็นร้อยละ 39.45 และ 5.78 ตามลำดับ

ระดับการศึกษา พบว่า ผู้มาเยือนมีการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 53.52 รองลงมาคือ มีการศึกษาในระดับอนุปริญญา/ปวส. ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับประถมศึกษา ระดับปริญญาโท และไม่ได้รับการศึกษา คิดเป็นร้อยละ 13.82, 13.07, 8.29, 7.54, 2.26 และ 1.51 ตามลำดับ

อาชีพ พบว่า ผู้มาเยือนมีอาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย คิดเป็นร้อยละ 27.89 รองลงมาเป็นพนักงานบริษัทเอกชน นักเรียน/นักศึกษา รับจ้างทั่วไป ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ เกษตรกรรม และพ่อบ้าน/แม่บ้าน/ว่างงาน คิดเป็นร้อยละ 19.35, 17.84, 16.58, 11.06, 3.77 และ 3.52 ตามลำดับ

รายได้ต่อเดือน พบว่า ผู้มาเยือนมีรายได้ต่อเดือน 15,001–20,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 25.38 รองลงมาคือรายได้ 5,001–10,000 บาท รายได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5,000 บาท รายได้ 10,001–15,000 บาท รายได้ 20,001–25,000 บาท รายได้ 25,001–30,000 บาท และมีรายได้ตั้งแต่ 30,000 บาท ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 19.35, 14.82, 14.57, 10.30, 8.79 และ 6.78 ตามลำดับ โดยมีรายได้ต่อเดือนน้อยที่สุด 2,000 บาท รายได้ต่อเดือนมากที่สุด 50,000 บาท และรายได้ต่อเดือนเฉลี่ย 16,414.82 บาท

ภูมิลำเนาของผู้มาเยือน พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีที่พักอาศัยอยู่ที่จังหวัดพิษณุโลก คิดเป็นร้อยละ 73.37 และพักอาศัยอยู่ที่จังหวัดอื่น ๆ ได้แก่ จังหวัดพิจิตร จังหวัดสุโขทัย จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอุตรดิตถ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ กรุงเทพมหานคร จังหวัดนนทบุรี จังหวัดกำแพงเพชร จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดชัยนาท จังหวัดชัยภูมิ จังหวัดตาก จังหวัดลำปาง จังหวัดเลย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดอุทัยธานี คิดเป็นร้อยละ 26.63

2. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการนันทนาการของผู้มาเยือน มีรายละเอียดดังนี้

การรู้จักสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยาน พบว่า ผู้มาเยือนรู้จักสวนพฤกษศาสตร์สฤโนทยานจากเพื่อน/ญาติพี่น้อง คิดเป็นร้อยละ 56.03 รองลงมาคือ รู้จักจากอินเทอร์เน็ต กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย คนท้องถิ่น โทรทัศน์/วิทยุ และหนังสือพิมพ์/

นิตยสาร คิดเป็นร้อยละ 46.73, 39.95, 9.55, 7.29, 1.01 และ 0.75 ตามลำดับ

ประสบการณ์ในการมาท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนเคยมาท่องเที่ยวที่สวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน 2-4 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 44.22 รองลงมาคือ มาเป็นครั้งแรก เคยเดินทางมาท่องเที่ยว 5-7 ครั้ง เคยเดินทางมาท่องเที่ยว 8-10 ครั้ง และเคยเดินทางมาท่องเที่ยวมากกว่า 10 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 20.60, 20.10, 11.31 และ 3.77 ตามลำดับ โดยมีนักท่องเที่ยวเคยเดินทางมาน้อยที่สุด 1 ครั้ง มากที่สุด 20 ครั้ง และมีความเฉลี่ยของประสบการณ์ในการมาท่องเที่ยว 4.28 ครั้ง

ลักษณะกลุ่มการท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนเดินทางมาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานกับครอบครัว คิดเป็นร้อยละ 51.26 รองลงมาคือ มาอยู่กับกลุ่มเพื่อน มาคนเดียว และมากับหน่วยงานภาครัฐ/เอกชน คิดเป็นร้อยละ 38.69, 8.54 และ 1.51 ตามลำดับ

จำนวนสมาชิกในกลุ่มที่ร่วมเดินทาง พบว่า ผู้มาเยือนเดินทาง มาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน มีจำนวนสมาชิก 4-6 คน คิดเป็นร้อยละ 50.50 รองลงมาเป็นกลุ่มที่มีจำนวนสมาชิก 1-3 คน และกลุ่มที่มีจำนวนสมาชิกตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 41.21 และ 8.29 ตามลำดับ โดยผู้มาเยือนที่มีจำนวนสมาชิกน้อยที่สุด คือ 1 คน มากที่สุด คือ 10 คน และมีจำนวนสมาชิกเฉลี่ย 4 คน

ความตั้งใจในการมาท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่ มีความตั้งใจมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน คิดเป็นร้อยละ 58.79 และผู้มาเยือนที่ตั้งใจไปเที่ยวด้วย คิดเป็นร้อยละ 41.21

วัตถุประสงค์ในการเดินทางมาท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เดินทางมาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน เพื่อพักผ่อนหย่อนใจ คิดเป็นร้อยละ 91.21 รองลงมาคือ เยี่ยมชมเพราะเป็นทางผ่าน เป็นแหล่งท่องเที่ยวใกล้บ้าน ศึกษาพันธุ์ไม้ อบรม/สัมมนา และทัศนศึกษา คิดเป็นร้อยละ 21.61, 9.55, 2.26, 2.01 และ 1.01 ตามลำดับ

กิจกรรมนันทนาการ พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มาสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเพื่อเล่นน้ำตกสฤโณทยาน คิดเป็นร้อยละ 70.10 รองลงมาคือ ถ่ายรูป พักผ่อนรับประทานอาหาร เดินเล่นชมธรรมชาติ ศึกษาพันธุ์ไม้ อ่านหนังสือ และวาดรูป คิดเป็นร้อยละ 65.83, 64.57, 9.55, 5.53, 5.03 และ 1.76 ตามลำดับ

ระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน พบว่า การเดินทางของผู้มาเยือนจากที่พักอาศัยถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานมีระยะทาง 41-60 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.86 รองลงมาคือ 21-40 กิโลเมตร น้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 กิโลเมตร 61-80 กิโลเมตร มากกว่า 100 กิโลเมตร และ 81-100 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20.60, 20.35, 13.57, 12.31 และ 10.30 ตามลำดับ โดยมีระยะทางน้อยที่สุด 3 กิโลเมตร ระยะทางมากที่สุด 460 กิโลเมตร และมีระยะทางเฉลี่ย 71.39 กิโลเมตร

พาหนะในการเดินทาง พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่เดินทางมาด้วยรถยนต์ส่วนตัว คิดเป็นร้อยละ 82.16 รองลงมาคือ รถจักรยานยนต์ รถเช่า และรถโดยสารประจำทาง คิดเป็นร้อยละ 15.83, 1.51 และ 0.50 ตามลำดับ

ค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยว พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยววันน้อยกว่าหรือเท่ากับ 200 บาท คิดเป็นร้อยละ 49.50 รองลงมาคือค่าใช้จ่าย 201-400 บาท 401-600 บาท 601-800 บาท 801-1,000 บาท และค่าใช้จ่ายมากกว่า 1,000 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 42.96, 5.53, 1.01, 0.50 และ 0.50 ตามลำดับ โดยผู้มาเยือนมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด 80.31 บาท ค่าใช้จ่ายมากที่สุด 1,068.75 บาท และมีค่าใช้จ่ายเฉลี่ย 227.58 บาท

ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการ พบว่า ผู้มาเยือนเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการร้อยละ 93.22 โดยเต็มใจจ่ายน้อยที่สุด 10 บาท เต็มใจจ่ายมากที่สุด 35 บาท และเต็มใจจ่ายเฉลี่ย 20.03 บาท

ความต้องการกลับมาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานอีกในอนาคต พบว่า ผู้มาเยือนส่วนใหญ่ต้องการกลับมาเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานอีกในอนาคต คิดเป็นร้อยละ 85.68 รองลงมาคือ ไม่แน่ใจ และไม่ต้องการกลับมาเที่ยวอีกในอนาคต คิดเป็นร้อยละ 13.57 และ 0.75 ตามลำดับ

สถานการณ์ COVID-19 ต่อการตัดสินใจมาเที่ยว พบว่า สถานการณ์ COVID-19 ส่งผลต่อการตัดสินใจมาเที่ยวของผู้มาเยือน คิดเป็นร้อยละ 73.62 และไม่ส่งผลต่อการตัดสินใจมาเที่ยว คิดเป็นร้อยละ 26.38

ความพึงพอใจต่อการบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน พบว่า ผู้มาเยือนมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก (คะแนนเฉลี่ย 3.91)

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์ สฤโณทยานโดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล

1. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการตัดสินใจเดินทางมาท่องเที่ยวเกี่ยวกับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวที่สวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน (V_i) มี 4 ปัจจัย คือ อายุของผู้มาเยือนที่ i (A_i) จำนวนปีที่ได้รับการศึกษาของผู้มาเยือนที่ i (E_i) ระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์-

สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (L_i) และค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวของผู้มาเยือนที่ i (TC_i) (Table 1) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Jaemkrajang (2018) กรณีศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ ด้วยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคลที่พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยว คือ อายุของบุคคล จำนวนปีที่ได้รับการศึกษาของบุคคล และค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวของบุคคล

Table 1 Coefficient of regression modeled using the number of visits and independent variables.

Independent variable	Coefficient	t	P-value
Constant	3.912	4.500**	0.000
A_i	0.039	2.897**	0.004
E_i	0.107	2.514**	0.012
L_i	-0.004	-4.082**	0.000
TC_i	-0.008	-6.871**	0.000
F = 20.647**		P-value = 0.000	
		R ² = 0.174	
		Adj R ² = 0.165	

Remark: **Significance at the level of 0.05 ($p < 0.05$).

จาก Table 1 สามารถแทนค่าสัมประสิทธิ์ได้ดังสมการที่ (7)

$$V_i = 3.912 + 0.039 A_i + 0.107 E_i - 0.004 L_i - 0.008 TC_i \quad (7)$$

เมื่อพิจารณาค่าสถิติจาก Table 1 พบว่า F มีค่า 20.647 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 4 มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม สามารถใช้คาดการณ์ตัวแปรตามได้ ณ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน มีค่า 0.174 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 4 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (V_i) ร้อยละ 17.40 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1.1 อายุของผู้มาเยือนที่ i (A_i) มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (V_i) แบบแปรผันตรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 0.039 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ เมื่อผู้มาเยือนที่ i มีอายุเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเพิ่มขึ้นหรือลดลง 0.039 ครั้ง

1.2 จำนวนปีที่ได้รับการศึกษาของผู้มาเยือนที่ i (E_i) มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (V_i) แบบแปรผันตรง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 0.107 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่น มีค่าคงที่ เมื่อผู้มาเยือนที่ i มีระดับการศึกษาเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 ปี จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเพิ่มขึ้นหรือลดลง 0.107 ครั้ง

1.3 ระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (L_i) มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (V_i) แบบผกผัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ -0.004 เมื่อกำหนดให้ ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ เมื่อผู้มาเยือนที่ i มีระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 กิโลเมตร จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.004 ครั้ง

1.4 ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวของผู้มาเยือนที่ i (TC_i) มีความสัมพันธ์กับจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i (V_i) แบบผกผัน

โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ -0.008 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ เมื่อผู้มาเยือนที่ i มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 บาท จะทำให้จำนวนครั้งในการท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานลดลงหรือเพิ่มขึ้น 0.008 ครั้ง

2. การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานโดยใช้วิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของผู้มาเยือน สามารถหาได้จากการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ในการเดินทางมาสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน โดยใช้สมการจำนวนครั้งในการเดินทางมาสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด (choke price) ต่อครั้งของกลุ่มตัวอย่างผู้มาเยือนที่มีความเต็มใจจ่ายในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน โดยใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 95 ได้ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุด 428.03 บาท

คำนวณหาจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือน โดยแทนค่าอายุของ ผู้มาเยือนที่ i ด้วยอายุเฉลี่ยของผู้มาเยือน ซึ่งมีค่า 32.68 ปี แทนจำนวนปีที่ได้รับการศึกษาของผู้มาเยือนที่ i ด้วยระดับการศึกษาของ ผู้มาเยือน มีค่า 13.67 ปี และแทนค่าระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือนที่ i ด้วยระยะทางเฉลี่ยจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานของผู้มาเยือน มีค่า 71.39 กิโลเมตร ในสมการที่ (7) จะได้สมการที่ (8)

$$V_i = 6.364 - 0.008TC_i \quad (8)$$

แทนค่าค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวของผู้มาเยือนที่ i ด้วยค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวทั้งหมดเฉลี่ยของผู้มาเยือน มีค่า 227.58 บาท ในสมการ (8) จะได้จำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน 4.54 ครั้งต่อปี

นำสมการ (8) มาคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภค (CS) โดยการหาพื้นที่ใต้เส้นอุปสงค์ด้วยวิธีปริพันธ์ค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ยของผู้มาเยือน (TC) ถึงค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวสูงสุดหรือ choke price ของบุคคล ($TC_{(max)}$) แทนค่าในสมการที่ (2) ได้ตั้งสมการ (9)

$$CS_i = \int_{227.58}^{428.03} (6.364 - 0.008TC_i) dTC_i \quad (9)$$

ส่วนเกินของผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน มีค่า 956.36 บาท/คน/ปี จากนั้น

คำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) โดยคำนวณจากส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานหารด้วยจำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเฉลี่ยของผู้มาเยือน แทนค่าในสมการ (3) ได้ตั้งสมการ (10)

$$ACS = 956.36/4.54 \quad (10)$$

ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) มีค่า 210.65 บาทต่อครั้ง จากนั้นคำนวณหาส่วนเกินผู้บริโภคทั้งหมดของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน (มูลค่าทางนันทนาการ) โดยนำค่าส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง (ACS) คูณด้วยจำนวนผู้มาเยือนเฉลี่ย (ปี พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2564) ที่มาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยาน (N) จำนวน 55,436 คน แทนค่าในสมการ (4) ได้ตั้งสมการ (11)

$$CS = 210.65 \times 55,436 \quad (11)$$

ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล มีค่า 11,658,634.90 บาท/ปี

เมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าอนุรักษ์อื่นที่ทำการศึกษามูลค่าทางนันทนาการโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล พบว่า Chankaew *et al.* (2013) ทำการศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติเวียงโกศัย จังหวัดแพร่ และจังหวัดลำปาง โดยมีจำนวนนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อปี 17,398.56 คน มีมูลค่าส่วนเกินของผู้บริโภคต่อครั้ง 816.11 บาทต่อครั้ง ได้มูลค่าทางนันทนาการ 14,199,138.81 บาท/ปี ซึ่งมีมูลค่านันทนาการใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้

แต่ในทางกลับกัน การศึกษาของ Jaemkrajang (2018) กรณีศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางระดับบุคคล พบว่า มีจำนวนนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อปี 125,243 คน มีมูลค่าส่วนเกินของผู้บริโภคต่อครั้ง 824.20 บาทต่อครั้ง ได้มูลค่าทางนันทนาการ 103,224,700.19 บาทต่อปี ซึ่งเห็นได้ว่าการศึกษาข้างต้นมีทั้งมูลค่านันทนาการที่สูงกว่าการศึกษาในครั้งนี้มาก ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากอุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ

มีนักท่องเที่ยวมาเที่ยวเป็นจำนวนมาก และเป็นสถานที่ที่นักท่องเที่ยวมาจากทั่วทุกภูมิภาคนิยมมาท่องเที่ยวทำให้มีค่าใช้จ่ายในการเดินทางสูง ส่งผลให้มูลค่าต้นทุนทางการสูงตามไปด้วย การประเมินมูลค่าทางต้นทุนการของสวนพฤกษศาสตร์-สกุณอุทยานด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ในการประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการกับความเต็มใจจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสูงสุดของผู้มาเยือน พบว่า

รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้มาเยือนที่ i (I_i) จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือน i (M_i) และความพึงพอใจของผู้มาเยือนที่ i (Sa_i) มีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (Table 2) ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Koumpun (2004) กรณีศึกษามูลค่าทางต้นทุนการของอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก ด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ในการประมาณค่าโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย ที่พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความเต็มใจจ่าย คือ รายได้ อายุ ค่าใช้จ่าย และจำนวนสมาชิกในกลุ่ม

Table 2 Coefficient of regression modeled using to test the relationship between willingness to pay and the independent variables.

Independent variable	Coefficient	t	P-value
Constant	3.682	2.100**	0.036
I_i	0.001	18.800**	0.000
M_i	-0.705	-4.778**	0.000
Sa_i	1.074	2.631**	0.009
F = 121.965**		P-value = 0.000	
		R ² = 0.694	
		Adj R ² = 0.482	

Remark: **Significance at the level of 0.05 ($p < 0.05$);

จาก Table 2 สามารถแทนค่าสัมประสิทธิ์ได้ดังสมการ (11)

$$WTP = 3.682 + 0.001(I_i) - 0.705(M_i) + 1.074(Sa_i) \quad (11)$$

เมื่อพิจารณาค่าสถิติจาก Table 2 พบว่า F มีค่า 121.965 มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าตัวแปรอิสระทั้ง 3 มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม สามารถใช้คาดการณ์ตัวแปรตามได้ ณ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าสัมประสิทธิ์ในการตัดสินใจเชิงซ้อน มีค่า 0.694 หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 3 สามารถอธิบายสามารถอธิบายความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการ ได้ร้อยละ 69.40 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้มาเยือนที่ i มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 0.001 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ เมื่อรายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้มาเยือนที่ i เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 บาท จะทำให้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการเพิ่มขึ้น (ลดลง) 0.001 บาท นั่นคือผู้มาเยือนที่มีรายได้เฉลี่ย ต่อเดือนมากมีความเต็มใจที่จะจ่าย

ค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สกุณอุทยานมากกว่าผู้มาเยือนที่มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือนน้อย

2. จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือนที่ i มีความสัมพันธ์แบบผกผันกับค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ -0.705 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ เมื่อจำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือนที่ i เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 คน จะทำให้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการลดลง (เพิ่มขึ้น) 0.705 บาท นั่นคือ ผู้มาเยือนที่มีจำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มมากมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการสวน-พฤกษศาสตร์สกุณอุทยานน้อยกว่าผู้มาเยือนที่มีจำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่มน้อย

3. ความพึงพอใจของผู้มาเยือนที่ i มีความสัมพันธ์แบบแปรผันตรงกับค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ เท่ากับ 1.074 เมื่อกำหนดให้ตัวแปรอื่นมีค่าคงที่ เมื่อความพึงพอใจของผู้มาเยือนที่ i เพิ่มขึ้น (ลดลง) 1 คะแนน จะทำให้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการเพิ่มขึ้น (ลดลง) 1.074 บาท นั่นคือผู้มาเยือนที่มีความพึงพอใจมากมีความเต็มใจที่จะจ่าย

ค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานมากกว่าผู้มาเยือนที่มีความพึงพอใจน้อย

คำนวณค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการ จากการนำค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายแทนค่าในสมการ โดยแทนค่ารายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้มาเยือนที่ i (I_i) มีค่า 16,414.82 บาท แทนค่าจำนวนสมาชิกเฉลี่ยทั้งหมดในกลุ่มของผู้มาเยือนที่ i (M_i) มีจำนวน 4 คน และแทนค่าความพึงพอใจเฉลี่ยของผู้มาเยือนที่ i (Sa_i) มีคะแนน 3.91 คะแนน ในสมการที่ (11) ได้ดังสมการ (12)

$$WTP = 3.682 + 0.001(16,414.82) - 0.705(4) + 1.074(3.91) \quad (12)$$

ได้ค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่าย 21.48 บาทต่อครั้ง จากนั้นคำนวณมูลค่าทางนันทนาการโดยการนำค่าเฉลี่ยความเต็มใจที่จะจ่ายต่อครั้งคูณกับจำนวนผู้มาเยือนที่มาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อปี (ปี พ.ศ. 2560–2564) 55,346 คน (N) แทนค่าในสมการที่ (6) ได้ดังสมการ (13)

$$V = 21.48 \times 55,346 \quad (13)$$

ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ในการประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการ มีค่า 1,188,832.08 บาทต่อปี

เมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าอนุรักษ์อื่นที่มีการศึกษาการประเมินมูลค่าทางนันทนาการด้วยวิธีสมมติเหตุการณ์ในการประมาณค่า โดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่าย พบว่า Koumpun (2004) ทำการศึกษามูลค่าทางนันทนาการของอุทยานแห่งชาติภูหินร่องกล้า จังหวัดพิษณุโลก มีจำนวนนักท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อปี 77,940 คน มีความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการต่อครั้ง 29.953 บาทต่อครั้ง ได้มูลค่าทางนันทนาการ 2,334,536.82 บาทต่อปี ซึ่งเห็นได้ว่าการศึกษาข้างต้นมีมูลค่าใกล้เคียงกับการศึกษาในครั้งนี้ อาจเนื่องมาจากการประเมินมูลค่านันทนาการด้วยวิธีนี้เป็นการใช้ข้อมูลจากการสอบถามบุคคลถึงค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสูงสุดที่จะเต็มใจจ่าย ซึ่งพฤติกรรมของบุคคลเมื่อถูกสอบถามเรื่องที่จะต้องเสียค่าใช้จ่ายมักตอบคำถามโดยให้ค่าต่ำเสมอ จึงทำให้มูลค่าที่ได้เป็นไปในทิศทางเดียวกัน

จากการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่า มูลค่าทางนันทนาการที่ประเมินได้จากวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าโดยใช้

ความเต็มใจที่จะจ่าย (1,188,832.08 บาทต่อปี) มีมูลค่าต่ำกว่ามูลค่าทางนันทนาการที่ประเมินได้จากวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล (11,658,634.90 บาทต่อปี) เนื่องจากการประเมินมูลค่าทางนันทนาการโดยใช้ความเต็มใจที่จะจ่ายเป็นการวัดค่าความเต็มใจที่จะจ่ายจากความคิดเห็นของผู้มาเยือน จึงแตกต่างจากการคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่เป็นพฤติกรรมจริง ทั้งนี้ การที่มูลค่าทางนันทนาการจากความเต็มใจที่จะจ่ายมีมูลค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการเดินทางจริงของผู้ที่มาใช้บริการ แสดงให้เห็นว่าประชาชนที่มาใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานยังให้ความสำคัญและเห็นคุณค่าของทรัพยากรป่าไม้ค่อนข้างน้อย ซึ่งแปรผกผันกับความต้องการในการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรนันทนาการของประชาชนที่มาใช้บริการ กล่าวคือ ประชาชนมีความต้องการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเองสูง แต่ให้คุณค่าของทรัพยากรออกมาในรูปของตัวเงินน้อย ในที่นี้อาจมีเรื่องของปัจจัยอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้อง เช่น รายได้ของผู้มาเยือน ผู้มาเยือนเห็นว่ามีความจำเป็นงบประมาณในการรับผิดชอบดูแล เป็นต้น

สรุป

ผู้มาเยือนที่มาสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 54.27 มีอายุเฉลี่ย 32.68 ปี มีสถานภาพโสด ร้อยละ 54.77 จบการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 53.52 ประกอบอาชีพธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย ร้อยละ 27.89 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 16,414.82 บาท ส่วนใหญ่มีที่พักอาศัยอยู่ที่จังหวัดพิษณุโลก ร้อยละ 73.37 รู้จักสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานจากเพื่อน/ญาติพี่น้อง ร้อยละ 56.03 มีประสบการณ์การมาท่องเที่ยวที่สวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเฉลี่ย 4.28 ครั้ง ส่วนใหญ่เดินทางมากับครอบครัว ร้อยละ 51.26 สมาชิกในกลุ่มที่ร่วมเดินทางเฉลี่ย 4 คน ส่วนใหญ่มีความตั้งใจมาท่องเที่ยวในสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเพียงแห่งเดียว ร้อยละ 58.79 เดินทางมาเพื่อพักผ่อนหย่อนใจ ร้อยละ 91.21 โดยนิยมไปเล่นน้ำตกสฤโณทยาน ร้อยละ 70.10 โดยมีระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สฤโณทยานเฉลี่ย 71.39 กิโลเมตร เดินทางมาด้วยรถยนต์ส่วนตัว ร้อยละ 82.16 มีค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวเฉลี่ย 227.58 บาท เต็มใจจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการ ร้อยละ 93.22 โดยเต็มใจจ่ายเฉลี่ย 20.03 บาท ผู้มาเยือนส่วนใหญ่ต้องการกลับมาเที่ยว

สวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานอีกในอนาคต ร้อยละ 85.68 สถานการณ์ COVID-19 ส่งผลต่อการตัดสินใจมาเที่ยวของผู้มาเยือน ร้อยละ 73.62 และผู้มาเยือนมีระดับความพึงพอใจเฉลี่ยอยู่ในระดับมากการประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน โดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน คือ อายุของผู้มาเยือน จำนวนปีที่ได้รับการศึกษาของ ผู้มาเยือน ระยะทางจากที่พักถึงสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานของผู้มาเยือน และค่าใช้จ่ายในการท่องเที่ยวทั้งหมดของผู้มาเยือน โดยปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายจำนวนครั้งของการมาท่องเที่ยวได้ร้อยละ 17.40 ($R^2 = 0.174$) ส่วนเกินผู้บริโภคของผู้มาเยือนที่เดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน มีค่า 956.36 บาทต่อคนต่อปี ทำให้ได้จำนวนครั้งในการเดินทางมาท่องเที่ยวสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานโดยเฉลี่ย 4.54 ครั้งต่อปี และส่วนเกินผู้บริโภคที่มาท่องเที่ยวเฉลี่ยต่อครั้ง มีค่า 210.65 บาทต่อครั้ง ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางของบุคคล มีค่า 11,658,634.90 บาทต่อปี

การประเมินมูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานโดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเต็มใจจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน คือ รายได้เฉลี่ยต่อเดือนของผู้มาเยือน จำนวนสมาชิกทั้งหมดในกลุ่ม และความพึงพอใจของผู้มาเยือน โดยปัจจัยดังกล่าวสามารถอธิบายความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการได้ร้อยละ 69.40 ($R^2 = 0.694$) และจากการคำนวณได้ค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่าธรรมเนียมเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน 21.48 บาทต่อครั้ง ดังนั้น มูลค่าทางนันทนาการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน โดยวิธีสมมติเหตุการณ์ให้ประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย มีค่า 1,188,832.08 บาทต่อปี

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ มีดังนี้ 1) หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคมของผู้มาเยือนไปใช้ในการวางแผนการจัดการด้านต่าง ๆ ให้มีความเหมาะสมได้ เช่น การวางแผนการจัดการพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อรองรับผู้มาเยือน การจัดนิทรรศการหรือป้ายสื่อความหมายให้มีความพร้อม เป็นต้น 2) สามารถนำ

ผลการศึกษามูลค่าทางนันทนาการโดยวิธีคิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางมาประกอบการพิจารณาวางแผนจัดสรรงบประมาณให้สอดคล้องกับการบริหารจัดการของสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานในการดูแลรักษาทรัพยากรและจัดการพื้นที่ แต่ควรนำมูลค่าด้านอื่น ๆ มาประกอบการพิจารณาเพิ่มเติมด้วย และ 3) สามารถนำข้อมูลจากการศึกษามูลค่าทางนันทนาการโดยวิธีประมาณค่าความเต็มใจที่จะจ่าย มาประกอบการพิจารณาเกณฑ์การกำหนดอัตราเรียกเก็บค่าธรรมเนียมการเข้าใช้บริการสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยานให้เหมาะสมได้

REFERENCES

- Chankaew, P., Hoamuangkaew, W., Suksard, S. 2013. The valuation of recreational value of Wiang Kosai national park, Phrae province and Lampang province. *Thai Journal of Forestry*, 32 (supplementary issue): 195-203. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2021. *Statistical Data 2021 National Parks, Wildlife and Plant Conservation*. <https://www.dnp.go.th/statistics/2021/index.html>, 7 December 2022. (in Thai)
- Jaemkrajang, A. 2018. *Recreational Values of Khao Khitchakut National Park, Chanthaburi Province*. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Koumpun, C. 2004. *Recreational Value Assessment of Phuhin Rongkla National Park, Changwat Phitsanulok*. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- National Park Act, B.E. 2562. 2019. *Government Gazette*. No. 136, section 71 A. p. 146. (In Thai)
- Prayurasiddhi, T. 2012. *The Role of Botanical Gardens and Arboretums for the Happiness of the People*. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Forest and Plant Conservation Research Office, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sakunothayan Botanical Garden. 2021. *Sakunothayan Botanical Garden, 2021*. Department of

- National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thailand Development Research Institute. 2000. **Environmental Impact Assessment Development Study Guide in Economics Environment**. Office of Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thaweerat, P. 2000. **Behavioral and Social Science Research Methods (8th ed.)**. Chulalongkorn Wittayalai, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introduction Analysis (3rd ed.)**. Harpers International Edition, Tokyo, Japan.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การคาดคะเนปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของการปลูกป่าแบบประณีต

ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง

Forecasting the Carbon Sequestration of System of Intensive Forestation
at the Wang Chan Forest Learning Center, Rayong Provinceอารีรัตน์ เชี่ยวสนกุล^{1,2}Areerat Sieosathanakul^{1,2}พสุธา สุนทรห่าว^{1*}Pasuta Sunthornhao^{1*}สคาร ทีจันท์¹Sakhan Teejuntuk¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Reforestation Promotion Office, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 3 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 21 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The research objective was to determine the tree carbon storage and to generate the forecasting carbon sequestration in the next five years of forest planted by System of Intensive Forestation (SIF) at the Wang Chan Forest Learning Center, Rayong Province. Data collection was done from permanent sample plots of size 40x40 m² base on stratified random sampling method by density of trees namely high, medium and low, with one plot per stratum. The data recorded were the tree species, respective diameters, and the total height of every tree in the permanent sample plots from 2015–2022 annually. The biomass was estimated using allometric equation specified for dry evergreen forests and the carbon sequestered was quantified by following the methodology of Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006. The regression equations were used to forecast the carbon dioxide that would be sequestered in the next five years.

We found 64 tree species, 58 genus, and 33 families. The highest tree density was of *Dalbergia cochinchinensis*, with *Pterocarpus macrocarpus* and *Lagerstroemia floribunda* having the next highest densities, of 19.58, 11.13 and 10.54 tree/rai (122.38, 69.56 and 65.88 tree/ha), respectively, with a biomass of 10.21 ton/rai (63.81 ton/ha). The carbon sequestered for 8 years was estimated at 4.80 tonC/rai (30.00 tonC/ha), while the carbon dioxide sequestered was 17.60 tonCO₂/rai (110.00 tonCO₂/ha), with a increment rate of 2.20 tonCO₂/rai/year (13.75 tonCO₂/ha/year). The regression equation forecasted the amount of carbon dioxide sequestered within the next five years (2023–2027) was of the form; carbon dioxide sequestration = $-4.72 + (2.63 * \text{Year})$, $R^2 = 0.93$. Using this equation, the carbon sequestration of 2023–2027 were 18.95, 21.58, 24.21, 26.84 and 29.47 tonCO₂/rai (118.43, 134.87, 151.31, 167.75 and 184.18 tonCO₂/ha, respectively).

Keywords: Biomass; Carbon sequestration; Forecasting; System of intensive forestation; Wang Chan Forest Learning Center

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของหมูไม้ และการคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีในอีก 5 ปีข้างหน้าของป่าที่ปลูกด้วยเทคนิคการปลูกแบบประณีต ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง โดยทำการเก็บข้อมูลจากการวางแผนตัวอย่างถาวรด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้นภูมิตามความหนาแน่นของหมูไม้ ได้แก่ สูง ปาน กลาง และต่ำ อย่างละ 1 แปลง (40x40 ตารางเมตร) รวมทั้งหมด 3 แปลง และเก็บข้อมูลชนิดพรรณไม้ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลง ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2015–2022 รวมระยะเวลา 8 ปี นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผลผลิตในรูปของมวลชีวภาพ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ของป่าดิบแล้ง คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนตามหลักการของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2006 และคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีในอีก 5 ปีข้างหน้า ด้วยการสร้างสมการถดถอย

ผลการศึกษา พบชนิดพรรณไม้ในแปลงทั้งหมด 64 ชนิด 58 สกุล 33 วงศ์ ชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดสามอันดับแรกได้แก่ พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และ ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) คิดเป็นร้อยละ 19.58, 11.13 และ 10.54 ต้นต่อไร่ (122.38, 69.56 และ 65.88 ต้นต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ ปริมาณมวลชีวภาพสะสม (8 ปี) เท่ากับ 10.21 ต้นต่อไร่ (63.81 ต้นต่อเฮกตาร์) ปริมาณคาร์บอนสะสม 4.80 ต้นคาร์บอนต่อไร่ (30.00 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์) ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สะสม 17.60 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (110.00 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) คิดเป็นอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ยเท่ากับ 2.20 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี (13.75 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์ต่อปี) ทั้งนี้การคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า (ค.ศ. 2023–2027) ด้วยสมการถดถอย พบความสัมพันธ์ในรูปของสมการเส้นตรง คือ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ = $-4.72 + (2.63 \times \text{ปี})$ ที่ค่า R^2 เท่ากับ 0.93 และสามารถคำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า ได้เท่ากับ 18.95, 21.58, 24.21, 26.84 และ 29.47 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ (118.43, 134.87, 151.31, 167.75 และ 184.18 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์) ตามลำดับ

คำสำคัญ: มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน การคาดคะเน การปลูกป่าแบบประณีต ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ไม่ว่าจะเป็นเนื่องมาจากความผันแปรตามธรรมชาติ หรือกิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ในบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกสูงขึ้น และความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีผลกระทบต่อทั้งประชากรมนุษย์ สิ่งมีชีวิต รวมถึงสิ่งไม่มีชีวิต ทั้งอุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น ความแห้งแล้ง อุทกภัย วาตภัย โรคระบาด ที่ปัจจุบันจะยิ่งทวีความรุนแรง และพบเห็นได้บ่อยครั้งมากขึ้น (Climate Center Meteorological Department, 2022.; Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2022) และอีกสาเหตุหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนั้นมาจากการที่ทรัพยากรป่าไม้ทั่วโลกลดจำนวนลงอย่างมากและต่อเนื่องตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ปี ค.ศ. 2020 พื้นที่ป่าไม้ทั่วโลก เหลืออยู่เพียง 4.06 พันล้านเฮกตาร์ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 31 ของพื้นดินทั้งหมดของโลก

(Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2020) ปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศนี้นำมาสู่การประชุม COP26 โดยที่ประชุมได้มีข้อตกลงร่วมกันต่อการแก้ไขปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นั่นคือ ข้อตกลงเรื่องความเป็นกลางทางคาร์บอน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ โดยประเทศไทยได้ประกาศเจตนารมณ์ จะเป็นกลางทางคาร์บอน ในปี ค.ศ. 2050 และปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิเป็นศูนย์ในปี ค.ศ. 2065 การที่จะบรรลุเป้าหมายดังกล่าว นอกจากการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแล้ว ยังต้องเพิ่มในเรื่องของการดูดซับและกักเก็บด้วย

ประเทศไทยมีการส่งเสริมการปลูกต้นไม้หรือการเพิ่มพื้นที่สีเขียวของประเทศ ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน รวมถึงภาคประชาชนด้วย โดยปัจจุบันภาคส่วนต่าง ๆ ให้ความสนใจในการปลูกต้นไม้เพิ่มพื้นที่สีเขียวมากขึ้น และเช่นเดียวกัน ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ โดยสถาบันปลูกป่าและระบบนิเวศ ปตท. ได้ดำเนินโครงการจัดตั้งศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ขึ้น

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 2014 เพื่อเป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ท้องถิ่น ประจำภาคตะวันออก เป็นแหล่งศึกษาเกี่ยวกับการปลูกป่า ในรูปแบบต่างๆ (PTT Reforestation and Ecosystem Institute, 2015) และการปลูกป่าด้วยวิธีการปลูกป่าแบบประณีต (system of intensive forestation : SIF) ดังนั้น สิ่งที่น่าสนใจ คือ ความสามารถของป่าที่ปลูกด้วยวิธีปลูกป่าแบบประณีต มี ความสามารถในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้มากน้อย เพียงใด โดยนำมาสู่วัตถุประสงค์งานวิจัย เพื่อศึกษาปริมาณ การกักเก็บคาร์บอนสะสมของหมูไม้ที่ ปลูกด้วยเทคนิค การปลูกป่าแบบประณีตนี้โดยเริ่มปลูกในปี ค.ศ. 2015 และทำ การคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปี ในอีก 5 ปีข้างหน้า เพื่อดูแนวโน้มการเติบโตของหมูไม้และใช้ เป็นแนวทางในการบริหารจัดการพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ ตั้งอยู่ที่ตำบลปายุบใน อำเภอยาง จันทบุรี จังหวัดระยอง เป็นพื้นที่สาธิตการปลูกป่าและวิจัยการ พืชป่าหลากหลายรูปแบบ เป็นแหล่งรวบรวมพรรณไม้ท้องถิ่น ภาคตะวันออกและพรรณไม้หายากของไทย รวมถึงเป็นแหล่ง ศึกษาเรียนรู้เรื่องการปลูกป่าและระบบนิเวศป่าไม้ มีเนื้อที่ ทั้งหมด 351.35 ไร่ พื้นที่แปลงปลูกป่าคาร์บอนต้นแบบโดยใช้ วิธีการปลูกป่าแบบประณีต มีพื้นที่ 132.90 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.82 ของพื้นที่โครงการทั้งหมด (PTT Reforestation and Ecosystem Institute, 2015) แสดงใน Figure 1

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการวางแผนครอบคลุมพื้นที่ โดยแบ่งตามความหนาแน่นของหมูไม้ในพื้นที่ ได้แก่ สูง ปานกลาง และต่ำ โดยจำแนกตามความหนาแน่นของหมูไม้ ต่อพื้นที่
2. วางแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 40 เมตร x 40 เมตร อย่างละ 1 แปลง เก็บรวบรวมข้อมูลชนิดไม้ วัดขนาดเส้นผ่าน ศูนย์กลางของต้นไม้ที่มีความสูงระดับอก (DBH) หรือ 1.30 เมตร ต้นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร วัดขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับคอรากผิวดิน ด้วย Vernier caliper และวัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (Ht) ตั้งแต่ระดับผิวดินจนถึง ปลายยอดสูงสุดของต้นไม้ ด้วยเครื่องมือวัดความสูง Hasting

height pole ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง พร้อมจดบันทึก ข้อมูลลงในแบบบันทึก (data sheet)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ผลผลิตในรูปของความหนาแน่น ปริมาณมวล ชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ปริมาณการดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์ และคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซ คาร์บอนไดออกไซด์รายปีของหมูไม้ ดังนี้

1. ความหนาแน่นของพรรณไม้ (density: D) คือ จำนวนต้นไม้ทั้งหมดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างต่อหน่วยพื้นที่ที่ ทำการสำรวจ

$$D = \frac{N}{A}$$

เมื่อ D = ความหนาแน่นของชนิดไม้ นั้น ๆ ในพื้นที่สำรวจ (ต้น/ไร่)

N = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดทุกชนิดที่ปรากฏในแปลง ตัวอย่าง (ต้น)

A = พื้นที่สำรวจทั้งหมด (ไร่)

2. มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass: WT) คำนวณได้โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ของป่าดิบแล้ง (Tsutsumi *et al.*, 1983) ดังนี้

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

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

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

$$WT = WS + WB + WL$$

เมื่อ WS = ปริมาณมวลชีวภาพบริเวณลำต้น (กิโลกรัม)

WB = ปริมาณมวลชีวภาพบริเวณกิ่ง (กิโลกรัม)

WL = ปริมาณมวลชีวภาพบริเวณใบ (กิโลกรัม)

WT = ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

3. ปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดิน (below-ground biomass: Wb) ของหมูไม้ คือ มวลชีวภาพของราก ซึ่งคำนวณ ได้จากปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินคูณด้วยอัตราส่วน น้ำหนักแห้งของรากต่อลำต้น ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.27 ตามหลัก การของ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2006) ดังนี้

$$W_b = 0.27 \times W_T$$

กำหนดให้ W_b = มวลชีวภาพใต้พื้นดินของหมุ่ไม้ (กิโลกรัม)

W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

4. ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด (total biomass) (W_{total})

$$W_{total} = W_T + W_b$$

5. ปริมาณคาร์บอน และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ คำนวณตามหลักการของ IPCC (2006) ดังนี้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (C) ที่อยู่ในมวลชีวภาพ จากสูตร

$$C = (W_{total}) \times \text{carbon fraction}$$

เมื่อ carbon fraction = 0.47 (IPCC, 2006)

C = ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน (กิโลกรัม)

W_{total} = ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดของไม้ (กิโลกรัม)

ทั้งนี้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่สะสมอยู่ในรูปมวลชีวภาพของต้นไม้ดังกล่าว เกิดจากการที่ต้นไม้ได้ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากบรรยากาศมาใช้ในการกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร

ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ดูดซับจากบรรยากาศ

$$= C \times \frac{44}{12}$$

6. การคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปีของหมุ่ไม้ด้วยการสร้างสมการถดถอย และพิจารณาความสัมพันธ์จากค่าสัมประสิทธิ์ (R^2)

$$Y = a + bx$$

โดยที่ Y = ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์)

X = ปี

a, b = ค่าคงที่

การปลูกป่าแบบประณีต (system of intensive forestation : SIF)

Sunthornhao (2016) การปลูกและจัดการป่าที่มีการวางแผน และการจัดการอย่างเป็นระบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้กล้าไม้ที่ปลูกมีอัตราการรอดตายสูง เจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูง และสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในปริมาณมาก โดยเริ่มจากการเตรียมกล้าไม้จากการเพาะเมล็ด ใช้กล้าไม้ที่มีความสูง 60–100 เซนติเมตร ปลูกจำนวน 400–500 ต้นต่อไร่ หรือกล้าไม้แต่ละต้นมีระยะห่าง 1.5–2 เมตร ปลูกแบบไร้ทิศทางที่แน่นอน ปลูกเลียนแบบธรรมชาติ พร้อมให้ความสำคัญกับการเตรียมพื้นที่ด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แล้วไถกลบก่อนปลูก จำนวน 2 ครั้ง โดยมีวิธีการปลูก คือ

1. ขุดหลุมขนาด 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร x 30 เซนติเมตร รองก้นหลุมปลูกด้วยปุ๋ยอินทรีย์หรือสารเก็บรักษาความชื้น
2. วางกล้าไม้ให้ตั้งฉากโดยผิวดินของกล้าเสมอกับผิวดินปากหลุม
3. กลบดินให้แน่นและยึดกล้าไม้กับหลักไม้เพื่อพยุงระบบราก และป้องกันแรงลมปะทะ
4. หลังจากทำการปลูกแล้ว 1 เดือนทำการสำรวจอัตราการรอดตายของกล้าไม้ โดยต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90 พร้อมทั้งทำการปลูกซ่อมแซมแทนต้นที่ตาย
5. การบำรุงดูแลรักษา ได้แก่ การรดน้ำในฤดูแล้ง กำจัดวัชพืช พรวนดินรอบโคนต้นไม้ และใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทุก 4 เดือน ในปี 1 และเมื่อต้นไม้เติบโตขึ้นในช่วงปีที่ 2–5 จะทำการลิดกิ่งเพื่อตกแต่งให้ต้นไม้มีรูปทรงสวยงามตามต้องการ สำหรับการปลูกป่าแบบประณีตมีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 44,000 บาทต่อ 3 ไร่

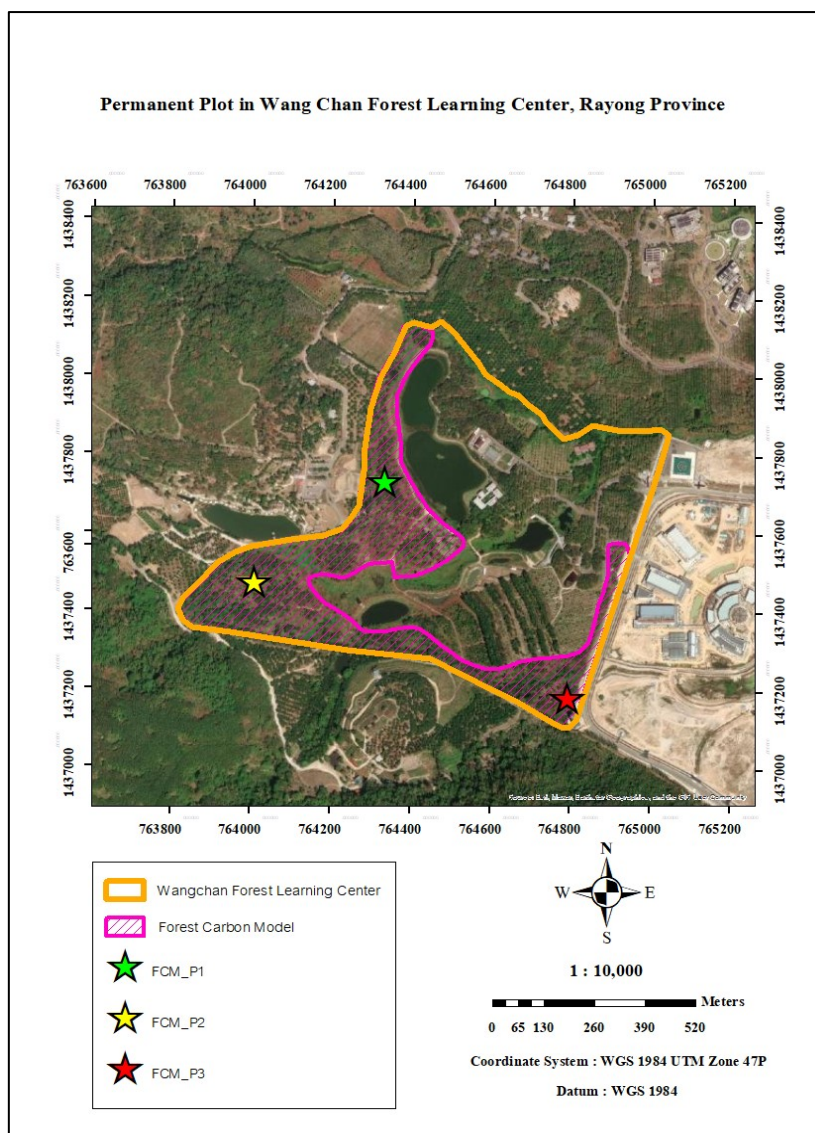


Figure 1 Location of the Forest Carbon Model and the three permanent sample plots.

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายชนิดของชนิดพรรณไม้และความหนาแน่น

จากการศึกษา พบว่า มีชนิดพรรณไม้ทั้งหมด 64 ชนิด 58 สกุล 33 วงศ์ ชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุด สามอันดับแรก คือ พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และ ตะแบก (*Lagerstroemia floribunda*) โดยแสดงใน Table 1 และสามารถแยกสายพันธุ์ได้ ดังนี้

ในปีที่ 1 (ค.ศ. 2015) พบพรรณไม้ในแปลงทั้งหมด 55 ชนิด 437 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ มะค่าโมง (*Azizia xylocarpa*) คิดเป็นร้อยละ 16.17, 9.61 และ 8.31 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 2 (ค.ศ. 2016) พบพรรณไม้ 46 ชนิด 299 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 21.04, 11.58 และ 10.13 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 3 (ค.ศ. 2017) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 327 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 19.85, 11.91 และ 10.08 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 4 (ค.ศ. 2018) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 304 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 20.35, 11.37 และ 10.39 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 5 (ค.ศ. 2019) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 323 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก คิดเป็นร้อยละ 20.08, 11.32 และ 10.40 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 6 (ค.ศ. 2020) พบพรรณไม้ 47 ชนิด 322 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ตะแบก และ ประดู่ป่า คิดเป็นร้อยละ 19.73, 11.26 และ 11.15 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

ปีที่ 7 (ค.ศ. 2021) พบพรรณไม้ 49 ชนิด 286 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ตะแบก และ ประดู่ป่า คิดเป็นร้อยละ 19.67, 11.75 และ 10.47 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

และปีที่ 8 (ค.ศ. 2022) พบพรรณไม้ 52 ชนิด 279 ต้นต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ พะยูง รองลงมา ได้แก่ ตะแบก และ ประดู่ป่า คิดเป็นร้อยละ 19.71, 11.94 และ 11.58 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ

Table 1 The density of trees and species during the years 1-8 (starting from 2015).

Year	Density (tree/rai)	Number of species	Top three species (density)		
1 (2015)	437	55	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (16.17)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (9.61)	<i>Azelia xylocarpa</i> (8.31)
2 (2016)	299	46	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (21.04)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.58)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.13)
3 (2017)	327	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.85)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.91)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.08)
4 (2018)	304	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (20.35)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.37)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.39)
5 (2019)	323	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (20.08)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.32)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (10.40)
6 (2020)	322	47	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.73)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (11.26)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.15)
7 (2021)	286	49	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.67)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (11.75)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (10.47)
8 (2022)	279	52	<i>Dalbergia cochinchinensis</i> (19.71)	<i>Lagerstroemia floribunda</i> (11.94)	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> (11.58)

ปริมาณมวลชีวภาพ

จากการศึกษา พบว่า มีปริมาณมวลชีวภาพสะสม ณ ปี ค.ศ. 2022 (อายุ 8 ปี) เท่ากับ 10.21 ต้นต่อไร่ โดยปริมาณมวลชีวภาพสะสมเพิ่มขึ้นในทุกปี โดยพบว่าปีที่ 1-7 มี

ปริมาณมวลชีวภาพสะสมเฉลี่ยเท่ากับ 0.11, 0.51, 1.26, 2.41, 3.90, 5.40, และ 9.18 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ แสดงใน Table 2 ทั้งนี้ ชนิดพรรณไม้ที่มีปริมาณมวลชีวภาพ (กิโลกรัมต่อต้น) สูงสุดสามอันดับแรกในแต่ละปีได้แสดงไว้พร้อมด้วย

Table 2 The observed species and related biomass during the years 1-8 (starting from 2015).

Year	Average biomass (ton/rai)	Biomass of species (Kg/tree)			Increase (ton/rai/ year)
1 (2015)	0.11	<i>Ficus carica</i> (2.53)	<i>Pterocymbium javanicum</i> (2.26)	<i>Streblus asper</i> (1.68)	-
2 (2016)	0.51	<i>Pterocymbium javanicum</i> (9.72)	<i>Ficus carica</i> (4.63)	<i>Streblus asper</i> (4.28)	0.40
3 (2017)	1.26	<i>Homalium tomentosum</i> (12.64)	<i>Ficus carica</i> (12.15)	<i>Streblus asper</i> (10.94)	0.75
4 (2018)	2.41	<i>Albizia lebbeck</i> (59.57)	<i>Eugenia cumini</i> (15.34)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (14.95)	1.15
5 (2019)	3.90	<i>Albizia lebbeck</i> (79.17)	<i>Cassia siamea</i> (27.72)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (27.47)	1.49
6 (2020)	5.40	<i>Albizia lebbeck</i> (127.65)	<i>Homalium tomentosum</i> (56.44)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (44.55)	1.50
7 (2021)	9.18	<i>Albizia lebbeck</i> (213.51)	<i>Eugenia cumini</i> (142.10)	<i>Homalium tomentosum</i> (83.11)	3.78
8 (2022)	10.21	<i>Albizia lebbeck</i> (260.37)	<i>Homalium tomentosum</i> (162.21)	<i>Peltophorum dasyrachis</i> (94.15)	1.03

Remark: A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

จากการศึกษา พบว่า ปีที่ 1 (ค.ศ. 2015) มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 0.05 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.18 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ มะเดื่อ (*Ficus carica*) รองลงมาได้แก่ ปออีเก้ง (*Pterocymbium javanicum*) และ ช่อย (*Streblus asper*)

ปีที่ 2 (ค.ศ. 2016) มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 0.24 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 0.88 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 0.70 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ ปออีเก้ง รองลงมาได้แก่ มะเดื่อ และ ช่อย

ปีที่ 3 (ค.ศ. 2017) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 0.59 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 2.16 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.28 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ ขานาง (*Homalium tomentosum*) รองลงมาได้แก่ มะเดื่อ และ ช่อย

ปีที่ 4 (ค.ศ. 2018) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 1.13 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 4.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.98 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ (*Albizia lebbeck*) รองลงมาได้แก่ หว้า (*Eugenia cumini*) และ อะราง (*Peltophorum dasyrachis*)

ปีที่ 5 (ค.ศ. 2019) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 1.83 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 6.71 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 2.57 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ ชีเหล็ก (*Cassia siamea*) และ อะราง

ปีที่ 6 (ค.ศ. 2020) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 2.54 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 9.31 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 2.57 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ ขานาง และ อะราง

ปีที่ 7 (ค.ศ. 2021) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 4.31 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 15.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 6.49 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ หว่า และ ขานาง

ปีที่ 8 (ค.ศ. 2022) มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 4.80 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 17.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ โดยมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น 1.80 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี โดยชนิดพรรณที่มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดสามอันดับแรก ได้แก่ พฤษภ ร่องลงมาได้แก่ หว่า และ อะราง โดยแสดงใน Table 3

Table 3 The Density of trees, biomass, and carbon dioxide sequestration during years 1-8.

Year	Number of species	Number of genus	Number of family	Density (tree/rai)	DBH (cm)	Ht (m)	Wtotal (ton/rai)	C (tonC/rai)	Co ₂ Seq (tonCO ₂ /rai)	Increase (tonCO ₂ /rai)
2015	55	42	26	437	1.15	0.78	0.11	0.05	0.18	-
2016	46	37	22	299	2.32	1.34	0.51	0.24	0.88	0.70
2017	47	38	24	327	3.63	2.06	1.26	0.59	2.16	1.28
2018	47	38	24	304	5.22	3.05	2.41	1.13	4.14	1.98
2019	47	38	24	323	5.57	3.67	3.90	1.83	6.71	2.57
2020	47	37	24	322	6.49	4.42	5.40	2.54	9.31	2.60
2021	49	39	25	286	8.47	5.90	9.18	4.31	15.80	6.49
2022	52	42	26	279	7.46	6.44	10.21	4.80	17.60	1.80
Average										2.20

จากการศึกษาพบว่ามีการกักเก็บคาร์บอนของป่าที่ปลูกด้วยเทคนิคแบบประณีต ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง มีค่าการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย ณ ปี ค.ศ. 2022 (ไม่อายุ 8 ปี) เท่ากับ 4.80 ตันคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งมากกว่าการศึกษาของ Pomleesangsuwan *et al.* (2021) ทำการศึกษาการประมาณปริมาณไม้และมวลชีวภาพของแปลงมะค่าโมง ที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า ไม้มะค่าโมง อายุ 8 ปี ความหนาแน่นหนุไม้ 144 ต้นต่อไร่ มีมวลชีวภาพ 4,174 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 1,935 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ

7.09 ตันต่อไร่ Duangklang *et al.* (2020) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชและการกักเก็บคาร์บอนในแปลงศึกษาการฟื้นฟูป่าระบบนิเวศป่าเขาภูหลวง จังหวัดนครราชสีมา จากปี พ.ศ. 2552 – 2558 (ระยะเวลา 7 ปี) โดยมีค่าการกักเก็บคาร์บอนเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.18 ตันคาร์บอนต่อไร่ และ Kietvuttinon *et al.* (2016) ทำการศึกษาการประมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของสวนป่ายูคาลิปตัส อายุ 6 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 2,649 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 2.65 ตันคาร์บอนต่อไร่

แต่ใกล้เคียงกับ Nongnuang *et al.* (2016) ที่ได้ศึกษาการประมาณปริมาณไม้ มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าไม้สัก อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยวนวิจัยอินทิล จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า มีปริมาณไม้ได้เปลือกเท่ากับ 6.34 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ มวลชีวภาพเท่ากับ 7,371 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพของสวนป่าไม้สักเท่ากับ 4,006 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 4.01 ตันคาร์บอนต่อไร่ แต่อย่างน้อยกว่า Kongkid and Ratcharoen (2016) ทำการศึกษาการประมาณมวลชีวภาพและปริมาณการเก็บกักคาร์บอนเหนือพื้นดินของไม้กระถินณรงค์ อายุ 6 ปี ที่สถานีวิจัยวนวิจัยสุราษฎร์ธานี ผลการศึกษาพบว่า สวนป่าไม้กระถินณรงค์มีความหนาแน่นของต้นไม้เฉลี่ย 103 ต้นต่อไร่ มีผลรวมของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเท่ากับ 8,024 กิโลกรัมต่อไร่ หรือคิดเป็น 8.02 ตันคาร์บอนต่อไร่

นอกจากนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบกับรายงานผลการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของโครงการปลูกป่าถาวรเฉลิม-

พระเกียรติ 1 ล้านไร่ของ บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ซึ่งดำเนินการปลูกและบำรุงป่าทั่วประเทศไทยตั้งแต่ปี ค.ศ. 1994 จนถึงปี ค.ศ. 2017 (อายุ 23 ปี) โดยทำการปลูกป่าหลากชนิด ซึ่งป่าแต่ละชนิด มีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกต่างกัน จากการศึกษาของ Sunthornhao (2018) พบว่า ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่างกัน เนื่องมาจากอายุไม้ที่ต่างกัน ทำให้ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าปลูกแบบประณีตมีปริมาณที่น้อยกว่าแปลงปลูกป่าถาวรเฉลิมพระเกียรติชนิดอื่นๆ ทั้งนี้ หากพิจารณาจากข้อมูลเพิ่มเติมรายปี จะเห็นได้ว่าป่าปลูกแบบประณีตมีร้อยละความเพิ่มพูนต่อปีเท่ากับ 27.50 ซึ่งสูงกว่าป่าปลูกชนิดอื่นๆ โดยแสดงใน Table 4 ดังนั้น คาดคะเนได้ว่าหากต้นไม้มีอายุเท่ากันป่าปลูกแบบประณีตน่าจะมีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าในอนาคต เนื่องจากค่าความเพิ่มพูนรายปีของป่าปลูกแบบประณีตมีค่าสูงกว่า แต่ทั้งนี้ต้องมีการติดตามประเมินผลต่อไปในอนาคต

Table 4 Relative carbon dioxide sequestration estimated for various planted forest types and tree ages in Thailand.

Comparative carbon dioxide sequestration						
No.	Planted forest type	Province	Age (year)	Carbon storage	CO ₂ Sequestration	
				(tCO ₂ /rai)	(tCO ₂ /rai/year)	(% per year)
1	System of Intensive Forestation (SIF)	Rayong	8	17.60	2.20	27.50
2	Mangrove forest	Krabi	23	77.75	3.38	14.70
3	Hill evergreen forest	Mae Hong Son	23	76.26	3.32	14.42
4	Tropical rain forest	Chumphon	23	74.52	3.24	14.09
5	Mangrove forest	Prachuap Khiri Khan	23	65.74	2.86	12.43
6	Hill evergreen forest	Loei	23	49.34	2.15	9.33
7	Dry evergreen forest	Nakhon Ratchasima	23	43.33	1.88	8.19
8	Mixed deciduous forest	Nakhon Sawan	23	43.30	1.88	8.19
9	Dry evergreen forest	Udon Thani	23	41.37	1.80	7.82
10	Tropical rain forest	Chachoengsao	23	39.20	1.70	7.41
11	Deciduous dipterocarp forest	Chiang Rai	23	33.61	1.46	6.35
12	Mixed deciduous forest	Rayong	23	29.58	1.29	5.59
13	Fresh-water swamp forest	Nakhon Si Thammarat	23	24.16	1.05	4.57
14	Deciduous dipterocarp forest	Maha Sarakham	23	21.11	0.92	3.99

Source: Sunthornhao (2018).

การคาดคะเนอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายปี

จากการคาดคะเนปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้า โดยใช้สมการถดถอย โดยกำหนดให้ Y = ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตันคาร์บอนไดออกไซด์) และ X = ปี พบความสัมพันธ์ดังสมการ

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

$$= -4.72 + (2.63 \times \text{ปี})$$

เมื่อพิจารณาว่า R^2 พบว่า อยู่ในระดับสูงที่ 0.93 อนุมานได้ว่า การเปลี่ยนแปลงของ Y (ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์) ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของ X (ปี)

ร้อยละ 93 ส่วนที่เหลือขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ซึ่งไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ และสามารถคำนวณค่าปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปี โดยมีรายละเอียดรายปี ดังนี้ แสดงใน Figure 2

ปีที่ 9 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 18.95 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 10 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 21.58 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 11 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 24.21 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 12 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 26.84 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

ปีที่ 13 ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์อยู่ที่ 29.47 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่

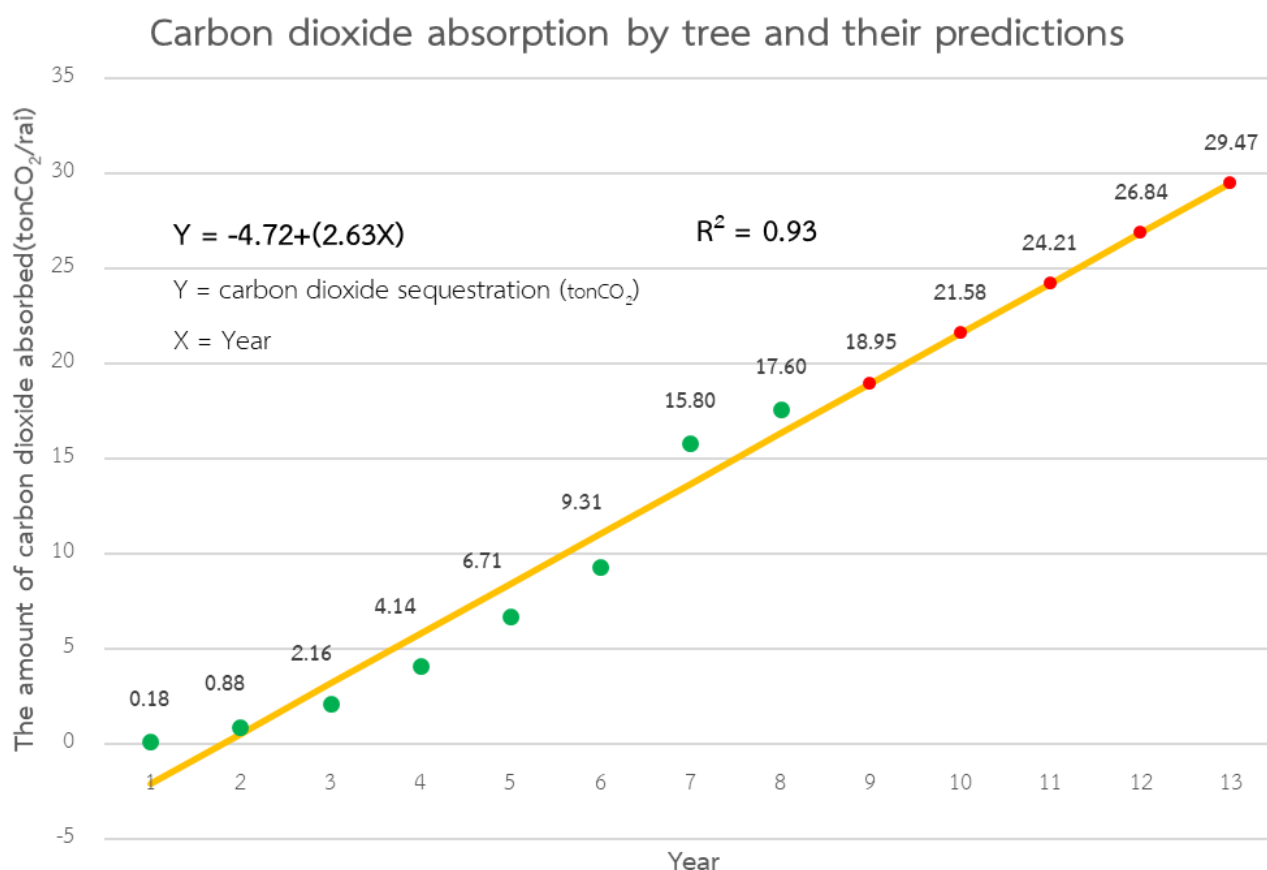


Figure 2 The carbon stocks of trees aged 1-8 years and projections for another 5 years.

Remarks: Red is the predicted value and green is the measured value

A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

สรุป

จากการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของการปลูกป่าแบบประณีต ตั้งแต่ปีที่ 1–8 ณ ศูนย์เรียนรู้ป่าวังจันทร์ จังหวัดระยอง พบว่า มีจำนวนพรรณไม้ทั้งหมด 64 ชนิด 58 สกุล 33 วงศ์ โดยชนิดพรรณที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดคือ พะยุง รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ ตะแบก จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบปริมาณมวลชีวภาพสะสม ณ ปีที่ 8 (ค.ศ. 2022) เท่ากับ 10.21 ตันต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บธาตุคาร์บอนเท่ากับ 4.80 ตันคาร์บอนต่อไร่ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 17.60 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ และอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 2.20 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ และสามารถคำนวณปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอีก 5 ปีข้างหน้าได้เท่ากับ 18.95, 21.58, 24.21, 26.84 และ 29.47 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ตามลำดับ

การปลูกป่าแบบประณีตแม้จะมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สูง แต่ก็มีความค่าใช้จ่ายที่สูงด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น การปลูกป่าแบบประณีตจึงเป็นทางเลือกรูปแบบหนึ่งในการปลูกป่าเพื่อประโยชน์ทางคาร์บอนเครดิต สำหรับในอนาคตต้องมีการนำข้อมูลที่ได้จริงมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการคาดคะเน เพื่อดูว่ามีแนวโน้มเป็นไปตามที่คาดคะเนไว้หรือไม่ เพื่อประโยชน์ในการวางแผนบริหารจัดการพื้นที่ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป

REFERENCES

- Climate Center Meteorological Department. 2022. **Climate Change**. <http://www.climate.tmd.go.th/content/article/9>, 3 November 2022.
- Duangklang, K., Teejuntuk, S., Maelim, S. 2020. Changing and carbon sequestration of plant community in forest restoration sampling plot at Pakhao-Phuluang, Nakhon Ratchasima province. In **The 19th KRU National Graduate Research Conference**. 9 March 2018. Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2020. **Global Forest Resources Assessment 2020**. <https://www.fao.org/3/ca9825en/ca9825en.pdf>, 12 September 2022.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Kietvuttinon, B., Kannak, P., Pornleesangsuwan, A. 2016. Aboveground biomass and carbon storage estimation of 6-year-old *Eucalyptus camaldulensis* plantation. In: **The 10th Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-economy**. 1-4 May 2016. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Kongkid, A., Ratcharoen, W. 2016. Evaluation of aboveground biomass and carbon storage of 6-year-old *Acacia auriculiformis* Cunn. at Surat Thani Silvicultural Research Station. In: **The 10th Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-economy**. 1-4 May 2016. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Nongnuang, S., Pornleesangsuwan, A., Wattanasuksakul, S., Chattecha, P., Khambai, W. 2016. Estimating the stem volume, biomass, and carbon storage of 6-year-old teak plantation in Chiang Mai province. In: **The 10th Silvicultural Seminar: Plantation towards Thailand's Eco-economy**. 1-4 May 2016. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Pornleesangsuwan, A., Nongnuang, S., Wattanasuksakul, S., Kannak, P. 2021. Estimation of stem volume and biomass of 8 years old *Azadirachta indica* in plantation. In: **Proceedings of the Forest Annual Conference 2021: The 84th Anniversary of Thai Forestry**. 28-30 April 2021. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- PTT Reforestation and Ecosystem Institute 2015. **Wangchan Forest Learning Center**. <https://learningcenter.pttreforestation.com/center/2>, 10 September 2022.

- Sunthornhao, P. 2016. Forest carbon model. In Sunthornhao, P. (Ed.) **Eight Decades of Forestry, Science of Life**. Forest Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Siam alphabet printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sunthornhao, P. 2018. Potential assessment of 1 million rai reforestation project beyond knowledge development of PTT reforestation and ecosystem institute, phase I, year 2017. **Executive Summary Report**. Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2022. **Knowledge of Greenhouse Gases**, <http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th>, 3 November 2022.
- Tsutsumi, T., Yoda, K., Sahunalu, P., Dhanmanonda, P., Prachaiyo, B. 1983. Forest: burning and regeneration. In Kyuma, K., Pairintra, C. (Eds). **Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics**. A report of a cooperative research between Thai Japanese Universities.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนโดยใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน
บริเวณลุ่มน้ำแม่สาตอนบน อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่

Characterization of Rainfall in the Upper Mae Sa Watershed, Mae Rim District,
Chiang Mai Province

สุธาสินี เพชรหาญ

Suthasinee Petchhan

ชัชชัย ตันตสิรินทร์*

Chatchai Tantasirin*

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

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

รับต้นฉบับ 16 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 27 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

Rainfall characteristics are essential for a watershed and its water resource management. Results can vary depending on the method and the number of stations used for analyzing the areal rainfall. The objective of this study was to compare the rainfall characteristics including number of storm and days, duration, intensity, and the amount as indicated by different methods. The methods used to calculate the various characteristics were Thiessen polygon (TP) based on observed data from 11 stations and arithmetic mean (AM) based on observed data from 11, 5, 3 and 1 station(s). Data were measured from 2005 to 2012 using automatic recording rain gauges. Using TP, the results indicated that the variation in the daily number of storms calculated using one station was different stations. Monthly, mean monthly, and annual variations in the daily number of storms were not different. The rainfall intensity and duration estimated using different methods and the number of stations were not similar. The daily, monthly, and mean monthly number of rainy days were not different while the annual variation calculated using AM on data measured from three stations and a downstream station were not the same. The daily rainfall amount calculated using one station was different from that estimated using TP, while the monthly, mean monthly, and annual changes were not different. We conclude that to characterize the rainfall in a given area, the appropriate number of rainfall stations should not be less than three, which should be located at different elevations at the upper, middle, and downstream area of a watershed.

Keywords: Areal rainfall; Number of rain station; Rainfall characteristic; Upper Mae Sa watershed

บทคัดย่อ

ข้อมูลลักษณะเฉพาะการตกของฝนมีความสำคัญต่อการวางแผนจัดการลุ่มน้ำและทรัพยากรน้ำ การใช้วิธีการและจำนวนสถานีในการวิเคราะห์เพื่อเป็นค่าน้ำฝนเชิงพื้นที่ที่ต่างกันอาจมีผลต่อค่าที่คำนวณได้ การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะการตกของฝน ได้แก่ จำนวนครั้ง จำนวนวัน ความยาวนาน ความหนักเบา และปริมาณ ที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี (TP) กับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต (AM) ที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยรวบรวมข้อมูลจากเครื่องวัดแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดกระหว่างปี พ. ศ. 2548 – 2555 ผลการศึกษา พบว่า ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธี TP ส่วนความผันแปรรายเดือน รายเดือนเฉลี่ย และรายปีไม่มีความแตกต่างกัน ความหนักเบาและความยาวนานของการตกของฝนมีความแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน และรายเดือนเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน ส่วนรายปีมีความแตกต่างกับวิธี AM เฉพาะกรณีที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 และ 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายน้ำ ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธี TP ส่วนปริมาณน้ำฝนรายเดือน รายเดือนเฉลี่ยและรายปีไม่มีความแตกต่าง จำนวนสถานีที่เหมาะสมคืออย่างน้อย 3 สถานีที่ตั้งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ตอนบน กลาง และ ปลายน้ำ

คำสำคัญ: น้ำฝนเชิงพื้นที่ จำนวนสถานีวัดการตกของฝน ลักษณะเฉพาะการตกของฝน ลุ่มน้ำแม่สาตอนบน

คำนำ

ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่เข้าสู่ระบบนิเวศลุ่มน้ำ ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้เพื่อการบริโภค อุปโภค การเกษตรกรรม หรืออุตสาหกรรม นอกจากนั้น ฝนยังเป็นดัชนีที่บ่งบอกการเกิดภัยธรรมชาติต่าง ๆ เช่นการเกิดน้ำท่วม ภัยแล้ง และการชะล้างพังทลายของดิน หากมีมากเกินไปหรือน้อยไปอาจทำให้เกิดความเสียหายต่อพืชผลทางการเกษตร ทำให้เกิดการขาดแคลนน้ำดื่ม น้ำใช้ และทำให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน ซึ่งภัยพิบัติเหล่านี้มีแนวโน้มที่จะเกิดความรุนแรงมากขึ้นและบ่อยครั้งมากขึ้น

การตรวจวัดการตกของฝนในประเทศไทยส่วนใหญ่ติดตั้งสถานีวัดอยู่บริเวณที่ราบ แต่ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ซึ่งมีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขา มักไม่มีการติดตั้งสถานีวัดการตกของฝนหรืออาจมีแต่ค่อนข้างน้อยและมีการกระจายไม่สม่ำเสมอ ทำให้การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนเพื่อใช้เป็นค่าน้ำฝนเชิงพื้นที่ (areal rainfall) ได้แก่ จำนวนครั้ง ความยาวนาน ความหนักเบา จำนวนวัน และปริมาณน้ำฝน เพื่อนำไปศึกษาด้านอื่น ๆ เช่น การไหลของน้ำในลำธาร การชะล้างพังทลายของดิน ต้องใช้ข้อมูลจากสถานีที่มีตำแหน่งและจำนวนที่ไม่เหมาะสม ซึ่งอาจส่งผลให้ได้ผลการศึกษาไม่สอดคล้องหรือมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องงบประมาณทำให้ไม่สามารถติดตั้งเครื่องวัดการตกของฝนกระจายทั่วทั้งพื้นที่ได้อย่างเพียงพอ

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบนมีขนาดพื้นที่ประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงชัน สลับซับซ้อน มีกิจกรรมการใช้ที่ดินหลากหลาย ซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับพื้นที่ลุ่มน้ำโดยทั่วไปทางภาคเหนือ ในพื้นที่ลุ่มน้ำนี้มีโครงการวิจัยที่ติดตั้งเครื่องวัดน้ำฝนแบบบันทึกอัตโนมัติกระจายทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ จำนวน 11 สถานี ซึ่งนับว่ามีความหนาแน่นของจำนวนเครื่องวัดน้ำฝนต่อพื้นที่คิดเป็น 6.8 ตารางกิโลเมตร/สถานี สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยองค์การอุตุนิยมวิทยาโลก (World Meteorological Organization, 1976) และมีการตรวจวัดข้อมูลต่อเนื่องเป็นระยะเวลายาวนานช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาศึกษาความแตกต่างกันของผลการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม ในพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ยังไม่มีการศึกษาลักษณะเฉพาะการตกของฝนโดยใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝน และเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ผลการศึกษาที่ได้จะเป็นประโยชน์และเป็นแนวทางในการกำหนดวิธีการจำนวนและตำแหน่งที่ตั้งสถานีตรวจวัดการตกของฝนเพื่อเป็นตัวแทนที่ในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำทางภาคเหนือที่มีลักษณะใกล้เคียงกันกับพื้นที่ศึกษานี้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำแม่สาตอนบนอยู่ในอำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ มีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอสะเมิงและอำเภอหางดง มีขนาดพื้นที่ประมาณ 75 ตารางกิโลเมตร (Figure 1) ลักษณะพื้นที่เป็นภูเขาที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 500 – 1,300 เมตร ทิศตะวันออกเป็นเนินเขาและที่ราบหุบเขามีแม่น้ำแม่สาไหลผ่านไปบรรจบกับแม่น้ำปิงที่ตำบลสบสา สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้อยู่ในเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติ-สุเทพ-ปุย เป็นป่าหลากหลายชนิดและพันธุ์พืชผสมผสานกันเป็นบริเวณกว้าง ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และทุ่งหญ้า (Land Development Department, 2000) บริเวณพื้นที่ราบมีการทำการเกษตรต่าง ๆ รวมทั้งการปลูกไม้ยืนต้น ไม้ดอก และพืชสวน (Ziegler *et al.*, 2011) สภาพ

อากาศในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาจัดเป็นแบบมรสุมเขตร้อน (tropical monsoon) ซึ่งประกอบด้วยฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ซึ่งพัดพาเอาความชุ่มชื้นมาจากทะเลจีนใต้จึงทำให้ฝนตกชุกตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยร้อยละ 80 ของปริมาณน้ำฝนทั้งหมด ตกลงมาในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ปริมาณน้ำฝนมีความแตกต่างกันตั้งแต่ 1,200 – 2,000 มิลลิเมตร ส่วนการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศอื่นๆ สามารถเกิดพายุขนาดใหญ่ในพื้นที่ได้ โดยทั่วไปพายุมีต้นกำเนิดจากมหาสมุทรแปซิฟิกเหนือหรือทะเลจีนใต้ โดนส่วนใหญ่เกิดในเดือนสิงหาคมถึงตุลาคม (Wood and Ziegler, 2008) ฤดูหนาวได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งพัดพาความกดอากาศสูงมาจากประเทศจีนจึงทำให้อากาศหนาวเย็น และฤดูแล้งเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ (Amatayakul and Chomtha, 2013)

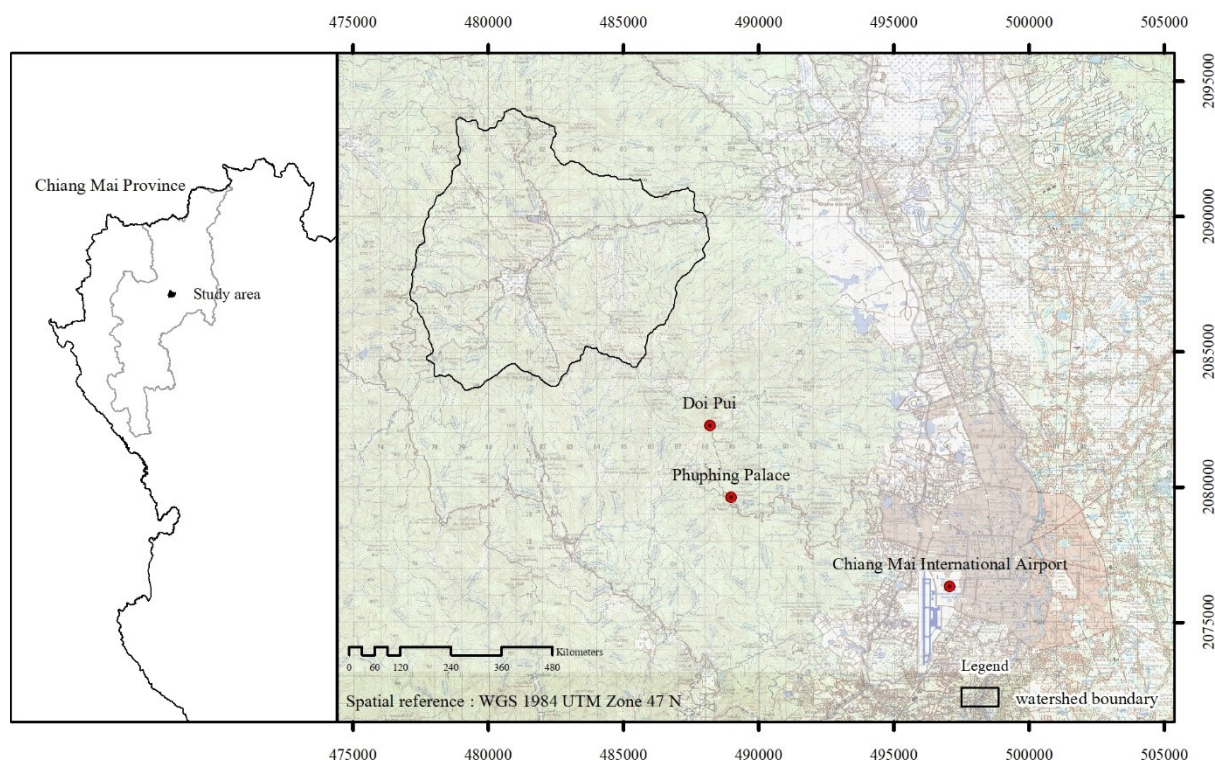


Figure 1 Upper Mae Sa Watershed located in the Mae Rim district, Chiang Mai province.

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝน

1. การรวบรวมข้อมูล

การศึกษานี้รวบรวมข้อมูลการตกของฝน ซึ่งบันทึกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 – 2555 (ค.ศ. 2005 – 2012) จากเครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดก (tipping

bucket automatic recording standard rain gauge ข้อมูลที่เครื่องบันทึกไว้คือวันที่และเวลาที่ถ้วยวัดน้ำฝนกระดกแต่ละครั้ง) ที่ติดตั้งบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบน จำนวน 11 สถานี กระจายในพื้นที่ลุ่มน้ำและตั้งอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลแตกต่างกัน เพื่อให้ครอบคลุมอิทธิพลของฝนซึ่ง

ผันแปรตามลักษณะภูมิประเทศ (Didier *et al.*, 2016) (Figure 2) ซึ่งข้อมูลทั้ง 11 สถานีเป็นช่วงเวลาเดียวกัน และเป็นข้อมูลที่ได้จากการดำเนินการภายใต้โครงการวิจัยร่วมระหว่างนักวิจัยภาคิวนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และนักวิจัยมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์

2. การแยกการตกของฝนแต่ละครั้ง

การแยกการตกของฝนแต่ละครั้ง (storm event) ใช้ระยะเวลาที่ห่างกันของถั่วยกระดกที่มากกว่า 60 นาที (Bosch *et al.*, 1999) โดยเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA (visual basic for application) ในโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel เพื่อใช้วิเคราะห์ข้อมูล (โปรแกรมที่เขียนขึ้นครอบคลุมการวิเคราะห์ข้อ 3.1 ถึง 3.3 ด้วย)

3. การคำนวณลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การคำนวณลักษณะเฉพาะการตกของฝนหลังจากแยกการตกแต่ละครั้งประกอบด้วย จำนวนครั้ง (number of storms) ความหนักเบา (intensity) และความยาวนาน (duration) ปริมาณ (amount) โดยคำนวณเป็นรายครั้ง (storm) รายเดือน (monthly) และรายปี (annual) มีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความยาวนานของฝนรายครั้ง คือผลต่างระหว่างเวลาที่ฝนเริ่มตกและหยุดตก หน่วยเป็น นาที

3.2 ปริมาณน้ำฝนรายครั้ง คือจำนวนครั้งที่ถั่วยวัดน้ำฝนกระดกในการตกครั้งนั้นคูณด้วยปริมาณน้ำฝนต่อถั่วยกระดก หน่วยเป็น มิลลิเมตร

3.3 ความหนักเบาของฝนรายครั้ง คือปริมาณน้ำฝนรายครั้งหารด้วยความยาวนานของฝนรายครั้ง หน่วยเป็น มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

3.4 จำนวนครั้ง จำนวนวัน และปริมาณรายเดือน และรายปี ของลักษณะเฉพาะการตกของฝนคำนวณด้วยคำสั่ง Pivot Table ของโปรแกรม Microsoft Excel

การวิเคราะห์ข้อมูลตามข้อ 2 และ 3 แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ 1) คำนวณการตกทรายครั้งแยกแต่ละสถานีแล้วนำข้อมูลลักษณะเฉพาะการตกของฝนมาหาค่าเฉลี่ยด้วยวิธีเลขคณิต

(arithmetic mean) ตามจำนวนสถานีที่ต้องการ และ 2) คำนวณข้อมูลแต่ละสถานีเป็นราย 5 นาที แล้วนำมาพิจารณาการเริ่มและหยุดตกของฝนแต่ละครั้งของทั้ง 11 สถานี โดยกำหนดเงื่อนไขว่าต้องมีจำนวนสถานีที่มีฝนตกอย่างน้อย 3 สถานี พร้อมกันในพื้นที่ลุ่มจึงนับเป็นการเริ่มหรือหยุดตกของฝนเพื่อนำมาคำนวณการตกของฝนทั้งลุ่มด้วยวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซน (Thiessen polygon method: TPM)

การเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่คำนวณจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันในการศึกษานี้ มีสมมุติฐานว่า การใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนเป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่จำนวนสถานีที่มากเพียงพอ ส่วนกรณีที่สถานีวัดการตกของฝนจำนวนน้อยหรือเพื่อความสะดวกในการคำนวณ วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเป็นวิธีการที่เหมาะสมกว่า (Chow *et al.*, 1998; Asawa, 2005) ดังนั้นการศึกษานี้จึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช่วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเซนที่คำนวณจาก 11 สถานี เปรียบเทียบกับการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้จำนวนสถานีที่แตกต่างกันดังนี้

1) การใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานี คือ 1.1) สถานีต้นน้ำ (upstream, หมายเลข 421) 1.2) กลางน้ำ (midstream, หมายเลข 424) และ 1.3) ปลายน้ำ (downstream, หมายเลข 433)

2) การใช้ข้อมูลจำนวน 3 สถานี (average 3 stations) คือค่าเฉลี่ยของ 3 สถานี ในข้อ 1) ที่คำนวณจากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต

3) การใช้ข้อมูลจำนวน 5 สถานี (average 5 stations) คือค่าเฉลี่ยที่คำนวณจาก 3 สถานีในข้อ 2) และสถานีที่อยู่ฝั่งซ้ายและขวาของลำน้ำสายหลักของพื้นที่ลุ่มน้ำ (ทางทิศเหนือและใต้ในแผนที่) คือสถานีหมายเลข 430 และ 425 ตามลำดับ

4) การใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี คือค่าที่คำนวณจากทุกสถานี (average 11 stations)

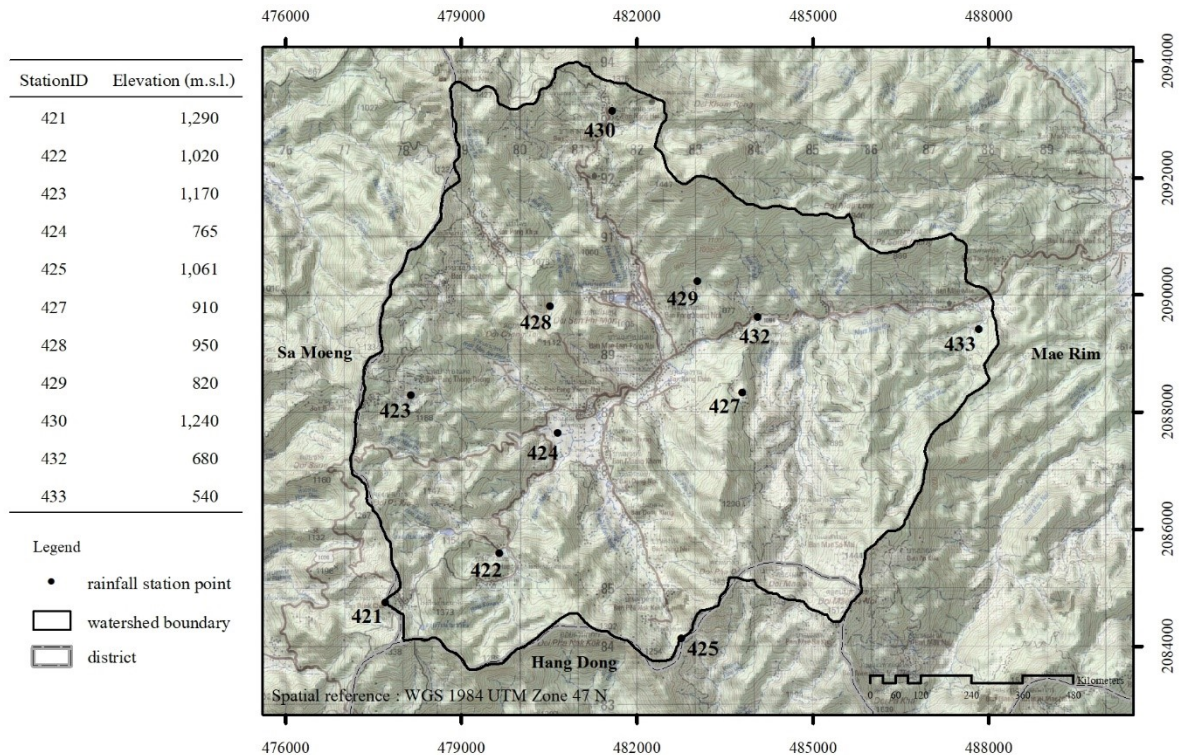


Figure 2 Locations of the rainfall stations in the upper Mae Sa Watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

วิธีการทางสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบมีดังนี้ 1) การเปรียบเทียบความสอดคล้องกันและความแตกต่างกันของความผันแปรของ จำนวนครั้ง จำนวนวัน ปริมาณน้ำฝนรายวันและรายเดือน โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient) (Kendall, 1975) และ ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) (Nash *et al.*, 1970) (แบ่งระดับความแตกต่างกันตาม Perreault *et al.*, 2022 และกำหนดว่าข้อมูลมีความต่างกันเมื่อค่า NSE ต่ำกว่า 0.6) ตามลำดับ และ 2) ค่ารายเดือนเฉลี่ย (mean of monthly) ใช้การทดสอบไคสแควร์ (Chi Square test) (Karl, 1900) 3) รายปี (annual) ใช้ค่า Mann-Whitney U Test (Mann and Whitney, 1947) 4) ความหนักเบาและความยาวนานของฝนใช้การทดสอบไคสแควร์เพื่อเปรียบเทียบการกระจายของข้อมูลการแจกแจงความถี่ (histogram)

ผลและวิจารณ์

ลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การศึกษาลักษณะเฉพาะการตกของฝน ได้แก่ จำนวนครั้ง จำนวนวัน ปริมาณ ความหนักเบา และความยาวนาน โดยใช้ข้อมูลที่ตรวจวัดด้วยเครื่องวัดน้ำฝนมาตรฐานแบบบันทึกอัตโนมัติชนิดถ้วยกระดก จำนวน 11 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2555 ได้ผลดังนี้

1. จำนวนครั้งที่ฝนตก

ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันมีลักษณะ

ใกล้เคียงกันดัง Figure 3A พบว่า ส่วนใหญ่เป็นไปในทิศทางเดียวกันคือเป็นแบบ 2 ยอด (bimodal distribution, two peak) โดยยอดแรกประมาณเดือนเมษายนหรือพฤษภาคม และยอดที่สองประมาณเดือนสิงหาคมหรือกันยายน ยกเว้นในปี ค.ศ. 2010 ที่มีการกระจายแบบสองยอดไม่ชัดเจน

จำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ย (mean monthly number of storms) ที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน (TPM) ดัง Figure 4A มีค่าสูงสุดเท่ากับ 41 ครั้ง ในเดือนสิงหาคม และกันยายน และต่ำสุดเพียง 2 ครั้งในเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายน้ำ (downstream) ที่มีจำนวนครั้งที่ฝนตกแตกต่างกันในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคมอย่างชัดเจน

ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกประจำปี ได้ผลดัง Figure 5A พบว่า ค่าที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีจำนวนครั้งที่ตกผันแปรอยู่ระหว่าง 212 ถึง 278 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 234 ครั้ง ใกล้เคียงกับการศึกษาของ Thepnumsommanus (2004) ซึ่งศึกษาบริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2541 – 2545 มีค่าระหว่าง 160 ถึง 390 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 240 ครั้ง แต่มีค่ามากกว่าผลของ Glomvinya *et al.* (2016) และ Glomvinya (2016) ที่ทำการศึกษาริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2540 – 2556 มีค่าระหว่าง 122 – 246 ครั้ง เฉลี่ยเท่ากับ 188 ครั้ง

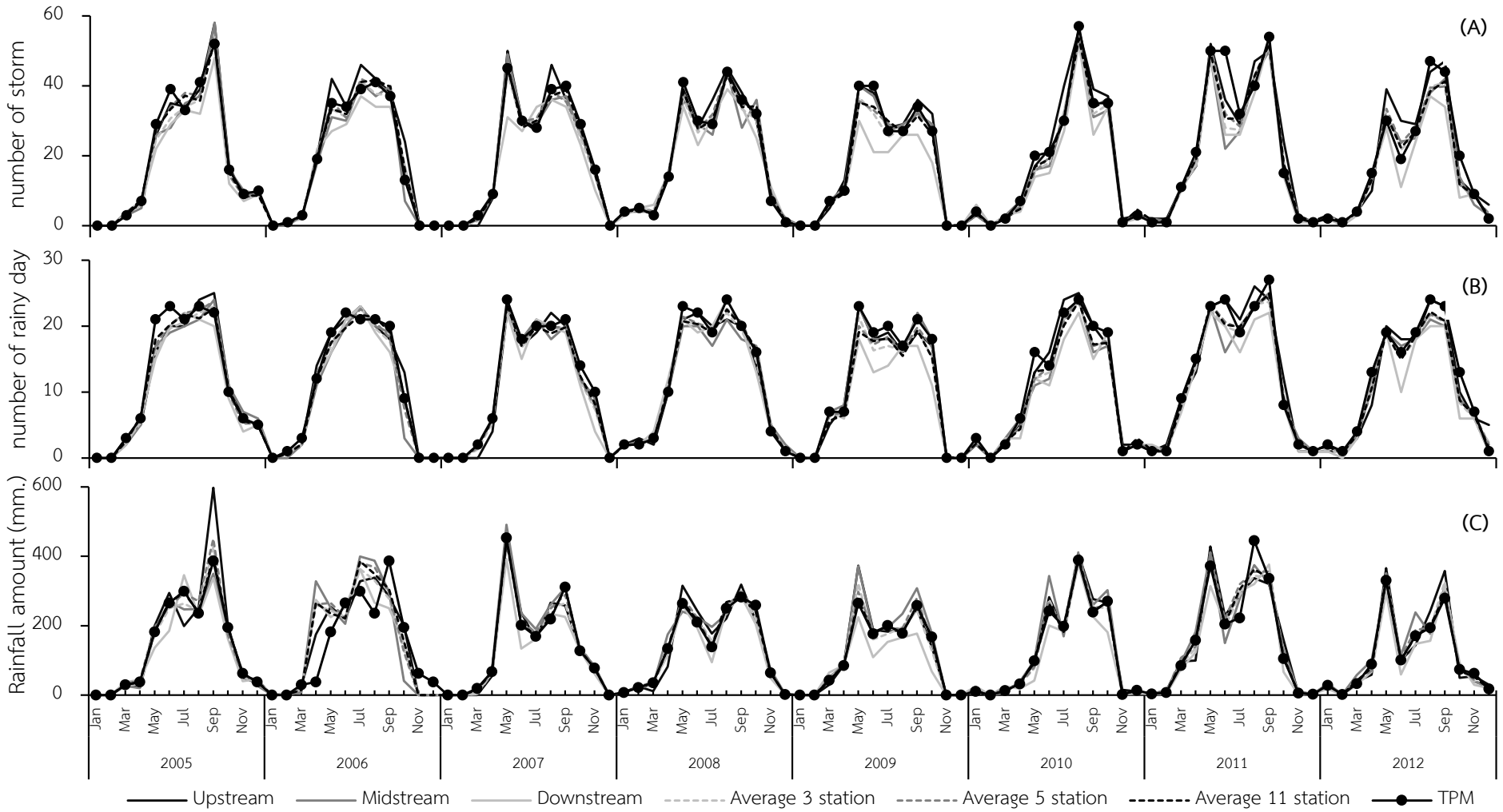


Figure 3 Monthly variation of the number of storms (A), number of rainy days (B), and rainfall amounts (C) using different number of stations during the years 2004 – 2012 at the upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

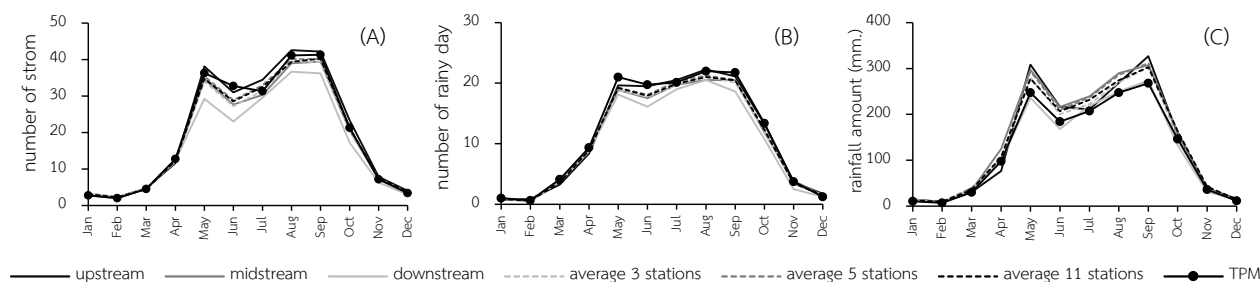


Figure 4 Mean monthly number of storms (A), number of rainy days (B) and rainfall amount (C) derived from different number of stations during the years 2005 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

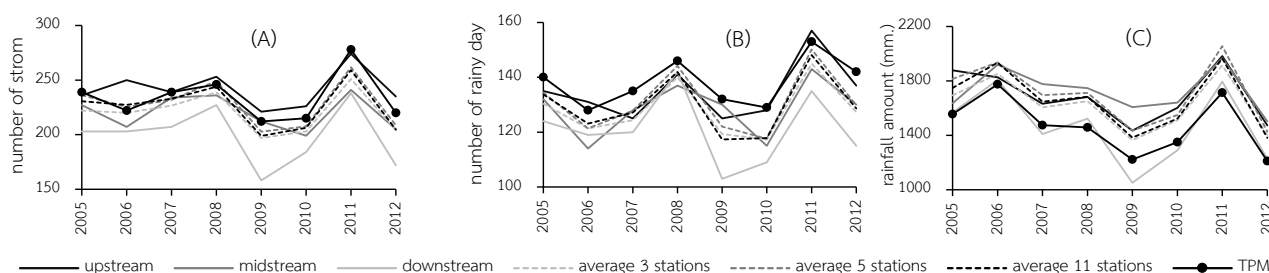


Figure 5 Annual of number of storms (A), number of rainy days (B) and rainfall amount (C) using different number of stations during the years 2005 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

2. ความหนักเบาของฝน

ลักษณะกราฟแจกแจงความถี่ (histogram) ของความหนักเบาของการตกของฝนรายครั้งที่คำนวณจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันมีลักษณะคล้ายกันคือ ฝนที่ตกส่วนใหญ่มีความหนักเบาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร/ชั่วโมง สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Boonterm (2002) ซึ่งศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ และใกล้เคียงกับผลของ Dezfuli *et al.* (2017) ที่ศึกษาในภาคตะวันตกและตะวันออกของประเทศแอฟริกาซึ่งพบว่าฝนที่ตกส่วนใหญ่มีความหนักเบาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงเช่นเดียวกับผลการศึกษาครั้งนี้ซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกัน (tropical savana, Aw)

อย่างไรก็ตามกราฟแจกแจงความถี่ที่คำนวณจากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความแตกต่างจากการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน โดยกราฟจากการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตมีความใกล้เคียงกัน (Figure 6) คือ ส่วนใหญ่ฝนที่ตกแต่ละครั้งมีความหนักเบาน้อยกว่า 10 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เฉลี่ยประมาณร้อยละ 75 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ความหนักเบาของฝนระหว่าง 11–20, 21–30 และมากกว่า 30 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง เฉลี่ยประมาณร้อยละ 15, 5 และ 5 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมดตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างชัดเจนกับกราฟแจกแจงความถี่ของการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนที่มีค่าประมาณร้อยละ 94, 5, 1 และ 0 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ

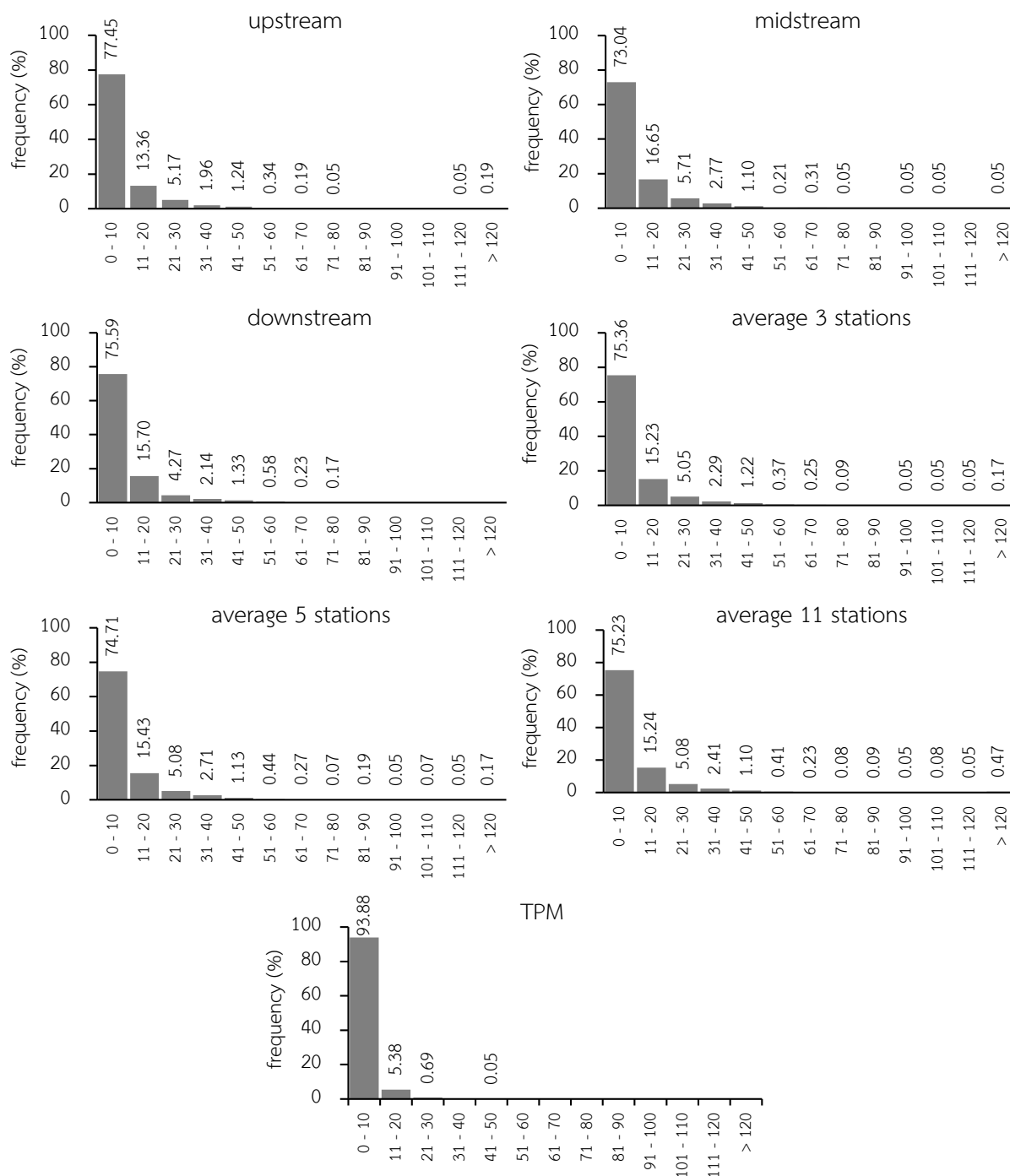


Figure 6 Average rainfall intensity estimated using different number of stations during the years 2004 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

3. ความยาวนานของฝน

กราฟแจกแจงความถี่ของความยาวนานของฝนที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความแตกต่างจากการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตอย่างชัดเจน ดัง Figure 7 คือส่วนใหญ่มีความยาวนานของฝนน้อยกว่า 30 นาที คิดเป็นประมาณร้อยละ 28 ส่วนความยาวนานของฝนเท่ากับ 31–60, 61–90, 91–120, 121–150, 151–180 และมากกว่า

180 นาที มีประมาณร้อยละ 15, 17, 12, 7, 5 และ 16 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ ในขณะที่กราฟแจกแจงความถี่ความยาวนานของฝนจากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี เป็นไปในลักษณะเดียวกัน โดยฝนที่ตกน้อยกว่า 30, 31–60, 61–90, 91–120, 121–150, 151–180 และมากกว่า 180 นาที มีประมาณร้อยละ 35, 23, 13, 8, 6, 4 และ 11 ของจำนวนครั้งที่ฝนตกทั้งหมด ตามลำดับ

จากผลการศึกษาข้างต้นใกล้เคียงกับ Intama (2009) ได้
 ทำการศึกษาในพื้นที่เดียวกันกับการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่มี
 ความยาวนานของฝนน้อยกว่า 30 นาที และจากการศึกษา

งานวิจัยในต่างประเทศของ Laksana (2015) ศึกษาในประเทศ
 อินโดนีเซียซึ่งอยู่ในเขตภูมิอากาศเดียวกัน พบว่ามีลักษณะ
 ความยาวนานของฝนเช่นเดียวกัน

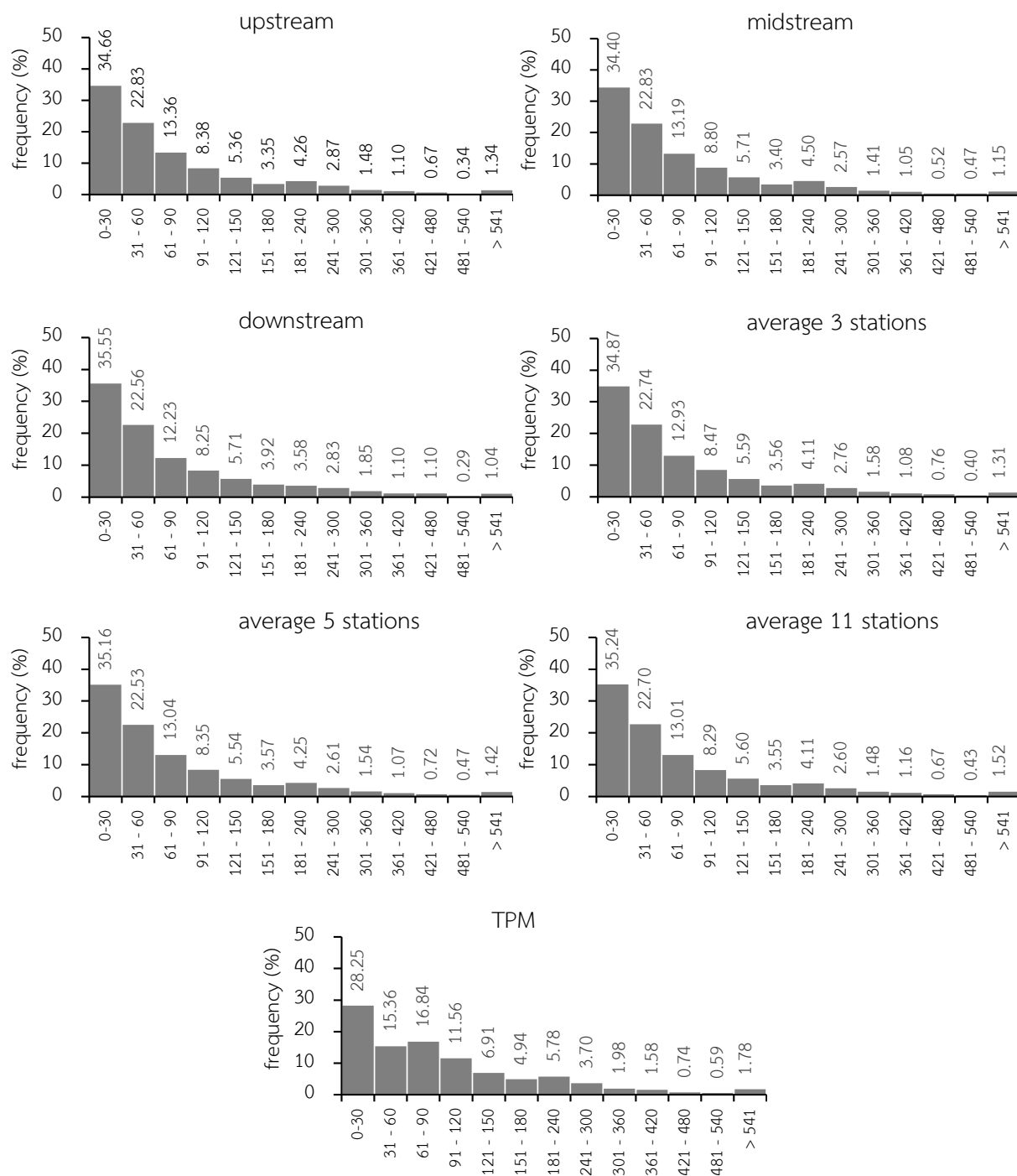


Figure 7 Average rainfall duration estimated using different number of stations during the years 2004 – 2012 at upper Mae Sa watershed, Mae Rim district, Chiang Mai province.

4. จำนวนวันที่ฝนตก

ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน ได้ผลดัง Figure 3B พบว่า มีความใกล้เคียงกันและมีลักษณะสอดคล้องกับจำนวนครั้งที่ฝนตกดังกล่าวในข้อ 1.1

จำนวนวันที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ย (mean monthly number of rainy day) ที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนได้ผลดัง Figure 4B พบว่า จำนวนวันที่ฝนตกในช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม) ประมาณ 20 วัน และในช่วงฤดูแล้ง (เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนเมษายน) มีจำนวนวันที่ฝนตกส่วนใหญ่น้อยกว่า 5 วัน เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน

จำนวนวันที่ฝนตกรายปีดัง Figure 5B พบว่า ค่าที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความผันแปรอยู่ระหว่าง 128–153 วัน และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 138 วัน โดยใกล้เคียงกับการศึกษาของ Glomvinya (2016) มีจำนวนวันที่ฝนตกระหว่าง 109–176 วัน เฉลี่ย 141 วัน แต่มีค่ามากกว่าผลของ Thepnumsommanus (2004) ที่มีจำนวนวันที่ฝนตกระหว่าง 90–150 วัน เฉลี่ยเท่ากับ 110 วัน ส่วนค่าที่ได้จากวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน แต่มีค่าต่ำกว่าวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเกือบทุกปี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 130, 131, 128, 121, 129 และ 135 วัน ตามลำดับ

5. ปริมาณน้ำฝน

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายเดือน ดัง Figure 3C ส่วนใหญ่มีลักษณะของความผันแปรเป็นไปในทิศทางเดียวกัน เช่นเดียวกับความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนและจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน (Figure 3A และ Figure 3B)

ปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ย (mean monthly rainfall) แสดงดัง Figure 4C พบว่า ค่าที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยสูงสุด 302 มิลลิเมตร ในเดือนกันยายน และเฉลี่ยต่ำสุดน้อยกว่า 10 มิลลิเมตร ในเดือนมกราคม กุมภาพันธ์ และธันวาคม เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่า มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายทางที่มีค่าแตกต่างกันอย่างชัดเจน

ปริมาณน้ำฝนรายปีที่คำนวณได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน ดัง Figure 5C มีความผันแปรอยู่ระหว่าง 1,375–1,949 มิลลิเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 1,651 มิลลิเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับการศึกษาของ Intama (2009) ศึกษาในปี พ. ศ. 2550 มีปริมาณน้ำฝนรายปี 1,580 มิลลิเมตร แต่มากกว่าผลของ Thepnumsommanus (2004) ศึกษาในปี พ.ศ. 2541 - 2545 มีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,400 มิลลิเมตร

เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นเมื่อเทียบกับการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีต้น และปลายน้ำที่มีค่าแตกต่างกัน

ความแตกต่างของลักษณะเฉพาะการตกของฝน

การเปรียบเทียบลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่เกิดจากการใช้วิธีการและจำนวนสถานีที่แตกต่างกันจากผลการศึกษาในข้อ 1 ได้ผลดังแสดงใน Table 1 และ Table 2 มีรายละเอียดดังนี้

1. จำนวนครั้งที่ฝนตก

การเปรียบเทียบความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันระหว่างค่าที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, r) พบว่า จำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันมีความผันแปรไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีค่า r มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี (r เท่ากับ 0.8735) และมีค่าลดน้อยลงเมื่อจำนวนสถานีที่ลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานี พบว่า r มีค่าต่ำกว่า 0.8 โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.6703 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลสถานีปลายทาง

เมื่อพิจารณาจากค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) พบว่า เป็นไปในลักษณะเดียวกันกับการเปรียบเทียบโดยใช้ค่า r ซึ่ง NSE มีค่ามากที่สุด (เท่ากับ 0.7612) เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี และต่ำกว่า 0.6 เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี จึงสรุปได้ว่า จำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันที่ใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน

ส่วนความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ยที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเป็นไปใน

ทิศทางเดียวกันกับที่คำนวณด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยมีค่า r สูงกว่า 0.9 และค่า NSE ระหว่าง 0.8993 ถึง 0.9710 และเมื่อเปรียบเทียบค่ารายเดือนเฉลี่ยโดยใช้การทดสอบไคสแควร์ (chi-square test: χ^2) พบว่ามีค่าเท่ากับ 1 จึงสรุปว่าจำนวนครั้งที่ฝนตกรายเดือนเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการหรือจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน

การทดสอบสถิติแมน-วิทนีเยีย (Mann – Witney U test, U) เพื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ฝนตกรายปี พบว่า การใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี ไม่แตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 ยกเว้นการใช้ข้อมูลจำนวน 1 สถานีที่เป็นสถานีปลายน้ำ (ค่า U ที่คำนวณได้เท่ากับ 7 ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤตที่เท่ากับ 13 โดย n_1 และ n_2 มีค่าเท่ากับ 8 ปี)

2. ความหนักเบาและความยาวนานของฝน

การทดสอบไคสแควร์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของกราฟแจกแจงความถี่ของความหนักเบาและความยาวนานพบว่า ความหนักเบาและความยาวนานของการตกของฝนที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความแตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

3. จำนวนวันที่ฝนตก

ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกในแต่ละเดือนตลอดช่วงเวลา 8 ปี ที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเป็นไปในทิศทางเดียวกันวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี โดยมีค่า r และ NSE สูงมากกว่า 0.9 ซึ่ง

แสดงให้เห็นว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก และเมื่อเปรียบเทียบค่ารายเดือนเฉลี่ยด้วยการทดสอบไคสแควร์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ส่วนการเปรียบเทียบจำนวนวันที่ฝนตกรายปีด้วยการทดสอบสถิติแมน-วิทนีเยีย พบว่า การใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความแตกต่างกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเฉพาะกรณีที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 และ 1 สถานี ที่เป็นสถานีปลายน้ำ (ค่า U ที่คำนวณได้เท่ากับ 8 และ 12 ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าค่าวิกฤตที่เท่ากับ 13 โดย n_1 และ n_2 มีค่าเท่ากับ 8 ปี)

4 ปริมาณน้ำฝน

การเปรียบเทียบปริมาณน้ำฝนรายวันที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี ได้ผลตรงกันกับจำนวนครั้งที่ฝนตก ในข้อ 1 คือ ค่า r มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.8738 เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11 สถานี และเมื่อพิจารณาจากค่า NSE พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายวันที่ใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับผลที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน เนื่องจากค่า NSE มีค่าต่ำกว่า 0.6 (0.3048 ถึง 0.4728)

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายเดือนตลอดช่วงเวลา ที่พิจารณา มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันและไม่แตกต่างกันกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต โดยมีค่า r ระหว่าง 0.9358 ถึง 0.9677 และ ค่า NSE ระหว่าง 0.8539 ถึง 0.9336 ส่วนปริมาณน้ำฝนรายเดือนเฉลี่ยและรายปีไม่มีความแตกต่างกัน โดยมีค่าไคสแควร์และค่า U เท่ากับ 0.0840 ถึง 0.9904 และ 20 ถึง 30 ตามลำดับ

Table 1 Differences in the value of the number of storms, Intensity, and duration estimated using the Thiessen and Arithmetic mean methods from data measured for 11, 5, 3, and 1 stations.

Number of stations	Number of storms						Intensity	Duration
	Daily		Monthly		Monthly mean	Annual		
	r	NSE	r	NSE	χ^2	U	χ^2	χ^2
1 station (Upstream)	0.7282	0.4109*	0.9778	0.9522	0.9999	21	$3.17 \times 10^{-47*}$	$5.13 \times 10^{-14*}$
1 station (Midstream)	0.7936	0.5681*	0.9752	0.9458	0.9999	18	$3.70 \times 10^{-29*}$	$2.41 \times 10^{-5*}$
1 station (Downstream)	0.6703	0.3158*	0.9687	0.8993	0.9999	7*	$1.33 \times 10^{-21*}$	$3.61 \times 10^{-5*}$
Average 3 stations	0.8294	0.6769	0.9838	0.9612	0.9999	20	$5.47 \times 10^{-24*}$	$2.50 \times 10^{-5*}$
Average 5 stations	0.8417	0.7057	0.9853	0.9697	0.9999	26	$2.38 \times 10^{-26*}$	$1.83 \times 10^{-5*}$
Average 11 stations	0.8735	0.7612	0.9867	0.9710	0.9999	25	$6.41 \times 10^{-25*}$	$1.01 \times 10^{-5*}$

Table 2 Comparison of difference of number of rainy days and rainfall amount between the Thiessen method and Arithmetic mean method by using the data of 11, 5, 3 and 1 stations.

Number of stations	Number of rainy days				Rainfall amount					
	Monthly	Monthly mean		Annual	Daily	Monthly		Monthly mean	Annual	
		r	NSE			r	NSE			
1 station (Upstream)	0.9837	0.9669	0.9999	21	0.7195	0.3048*	0.9414	0.8695	0.0840	29
1 station (Midstream)	0.9847	0.9607	0.9999	15	0.8094	0.4728*	0.9358	0.8539	0.9904	27
1 station (Downstream)	0.9773	0.9256	0.9999	8*	0.6831	0.2650*	0.9385	0.8681	0.9131	20
Average 3 stations	0.9914	0.9717	0.9999	12*	0.8266	0.6304	0.9586	0.9166	0.9751	29
Average 5 stations	0.9918	0.9784	0.9999	18	0.8328	0.6391	0.9612	0.9133	0.9678	27
Average 11 stations	0.9933	0.9792	0.9999	16	0.8738	0.7348	0.9677	0.9336	0.9857	30

Remarks * = indicates difference value

NSE = Nash-Sutcliffe efficiency

จากผลการศึกษาในข้อ 1 ถึง 5 สรุปได้ว่า 1) การวิเคราะห์ลักษณะการกระจายของความหนักเบาและความยาวนานที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความแตกต่างกันกับการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิต 2) การใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี หากกำหนดตำแหน่งที่ตั้งในพื้นที่ลุ่มน้ำไม่เหมาะสม โดยเฉพาะสถานีปลายน้ำซึ่งตั้งอยู่ที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่างจากสถานีอื่น ๆ อย่างมากอาจไม่เพียงพอในการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนทั้งลุ่มน้ำแม่สาตอนบน 3) การใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 สถานี ที่ตั้งกระจายอยู่ตั้งแต่ตอนบน ตอนกลาง ตอนปลายน้ำสามารถเป็นตัวแทนในการวิเคราะห์ลักษณะการตกของฝนได้ ยกเว้นจำนวนวันที่ฝนตกรายปีเท่านั้นที่มีความแตกต่างไปจากการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน และ 4) การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนด้วยวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับ 5 สถานี ที่กระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ลุ่มน้ำ (ตอนบน กลาง ปลายน้ำ และด้านซ้ายและขวาของลำน้ำหลัก) ไม่มีความแตกต่างจากการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนยกเว้นความยาวนานและความหนักเบาของฝน

การที่ความหนักเบาและความยาวนานที่ได้จากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนมีความแตกต่างกันกับการใช้วิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเนื่องจากวิธีที่ใช้ในการแยกการตกของฝนที่คำนวณด้วยวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนในการศึกษานี้พิจารณาการเริ่มและหยุดตกของฝนแต่ละครั้งของทั้ง 11 สถานีจากข้อมูลราย 5 นาที และกำหนดเงื่อนไขว่าต้องมีจำนวนสถานีที่มีฝนตกอย่างน้อย 3 สถานีพร้อมกันในพื้นที่ลุ่มน้ำจึงจะนับเป็นการเริ่มหรือหยุดตกของฝนเพราะฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำที่ตำแหน่งแต่ละ

สถานีเริ่มตกไม่พร้อมกัน เป็นเหตุให้เมื่อแยกการตกของฝนแต่ละครั้งแล้วทำให้ความยาวนานของการตกมีค่ามากกว่าการวิเคราะห์แยกแต่ละสถานี ส่งผลให้ความหนักเบาที่คำนวณได้ของการตกของฝนแต่ละครั้งน้อยกว่า (กราฟแจกแจงความถี่ของความยาวนานที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนจึงมีสัดส่วนของฝนที่ตกน้อยกว่า 30 นาที มากกว่า และมีสัดส่วนของความหนักเบาที่น้อยกว่า 10 มิลลิเมตร มากกว่า Figure 6 และ Figure 7) การกำหนดเงื่อนไขในการแยกการตกของฝนแต่ละครั้งที่แตกต่างกันในการศึกษารั้งต่อไป เช่น จำนวนสถานีที่ฝนตกพร้อมกัน มากกว่า 5 สถานี ขึ้นไป อาจให้ผลการศึกษาที่แตกต่างจากการศึกษานี้

ส่วนการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานีอาจไม่เพียงพอเพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาตอนบนเนื่องจากตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดการตกของฝนที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่แตกต่างกัน (สถานีปลายน้ำตั้งอยู่ที่ระดับความสูง 540 เมตร ในขณะที่สถานีต้นน้ำตั้งอยู่ที่ 1,290 เมตร จากระดับน้ำทะเล, Figure 2) มีผลต่อการตกของฝนที่ต่างกัน (Boonterm, 2002) ซึ่งผลจากการศึกษานี้แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนในกรณีที่เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลรายวัน ได้แก่ จำนวนครั้งและปริมาณที่ฝนตก

จำนวนสถานีที่เหมาะสมที่ได้จากข้อสรุปจากผลการศึกษาครั้งนี้คือ อย่างน้อย 3 สถานี ที่ตั้งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตั้งแต่ตอนบน กลาง และปลายน้ำ ซึ่งมีค่าประมาณ 25 ตารางกิโลเมตร/สถานี ซึ่งเมื่อพิจารณาเทียบกับคำแนะนำขององค์การอุทกนิยมนิเทศวิทยาโลกที่ระบุว่าบนพื้นที่ภูเขาควรมีค่าความหนาแน่นของจำนวน

สถานีวัดอยู่ระหว่าง 25–100 ตารางกิโลเมตร/สถานี (World Meteorological Organization, 1976) พบว่ามีความสอดคล้องกับผลการศึกษานี้ แต่หากใช้จำนวน 1 สถานี หรือคิดเป็น 75 ตารางกิโลเมตร/สถานี ผลการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนที่ไต้ยังมีความแตกต่างไปจากการใช้จำนวนสถานีที่มีจำนวนมากกว่า หากเพิ่มเป็น 3 สถานี ผลการวิเคราะห์ที่ไ้จะมีความคลาดเคลื่อนและเป็นตัวแทนของพื้นที่ไ้ได้น่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับผลการศึกษาในต่างประเทศ เช่น Lee *et al.* (2018), Uchechukwu and Njideka (2022) และ Nazaripour and Daneshvar (2017)

สรุป

การวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะการตกของฝนบริเวณลุ่มน้ำแม่สาตอนบน อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนเปรียบเทียบกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี สรุปได้ดังนี้

1) ความผันแปรของจำนวนครั้งที่ฝนตกรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน ส่วนความผันแปรรายเดือน รายเดือนเฉลี่ย และรายปีไ้มีความแตกต่างกันเมื่อใช้วิธีการหรือจำนวนสถานีที่แตกต่างกัน

2) ความหนักเบาและความยาวนานของการตกของฝนที่คำนวณจากวิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสนกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตที่ใช้ข้อมูลจำนวน 11, 5, 3 และ 1 สถานี มีความแตกต่างกัน

3) ความผันแปรของจำนวนวันที่ฝนตกรายเดือน และรายเดือนเฉลี่ยไ้ไม่แตกต่างกัน ส่วนรายปีมีความแตกต่างกับวิธีค่าเฉลี่ยเลขคณิตเฉพาะกรณีที่ใช้ข้อมูลจำนวน 3 และ 1 สถานี ที่เป็นสถานีปลายน้ำ

4) ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนรายวันที่คำนวณจากการใช้ข้อมูลเพียง 1 สถานี มีความแตกต่างกับการใช้วิธีรูปหลายเหลี่ยมของทิสเสน ส่วนปริมาณน้ำฝนรายเดือน รายเดือนเฉลี่ยและรายปีไ้มีความแตกต่าง

5) จำนวนสถานีที่เหมาะสมที่ไ้ได้จากข้อสรุปจากผลการศึกษาครั้งนี้คือ อย่างน้อย 3 สถานี ที่ตั้งกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่และระดับความสูงของพื้นที่ลุ่มน้ำ ตั้งแต่ตอนบน กลาง และปลายน้ำ

REFERENCES

- Amatayakul, P., Chomtha, T. 2013. **Agricultural Meteorology to Know for Chiang Mai.** Meteorological Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Asawa, G.L. 2005. **Irrigation and Water Resources Engineering.** New Delhi: New Age International Publishers. New Delhi, India.
- Bosch, D.D., Sheridan, J.M., Davis., F.M. 1999. Rainfall characteristics and spatial correlation for the Georgia Coastal Plain. **Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers**, 42(6): 1637-1644.
- Boonterm, K. 2002. **GIS Application in Determining Mountainous Rainfall Characteristics at Mae Chaem Watershed, Changwat Chiang Mai.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Chow, V.T., Maidment, D.R., Mays, L.W. 1988. **Applied Hydrology.** New York: McGraw- Hill Book Company. New York, USA.
- Dezfuli, A.K., Icoke, C.M., Mohr, K.I., Huffman, G.J. 2017. Precipitation characteristics in west and east Africa from satellite and in situ observations. **Journal of Hydrometeorology**, 18(6): 1799-1805. doi.org/10.1175/JHM-D-17-0068.1.
- Didier, N., Ogwang, B.A., Ongoma, V. 2016. The Impacts of topography on spatial and temporal rainfall distribution over Rwanda Based on WRF Model. **Journal of Atmospheric and Climate Sciences**, 6(2): 145-157. doi: 10.4236/acs.2016.62013.
- Glomvinya, S., Tantasirin, C., Tongdeenok, P., Tanaka, N. 2016. Change in rainfall characteristics at Huai Kog-Ma watershed, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 35(2): 66-77. (in Thai)

- Glomvinya, S. 2016. **Rainfall Characteristics at Huai Kong-Ma Watershed, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Intama, A. 2009. **Preliminary Test Run of KINEROS 2 Model for Estimating Sediment Yield at Mae Sa Subwatershed, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Karl, P. 1900. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. **Philosophical Magazine. Series 5**, 50(302): 157–175.
- Kendall, M. G. 1975. **Rank Correlation Methods**, 4thed. Charles Griffin, London, U.K.
- Land Development Department. 2000. **Mae Sa Watershed Land Use Plan.** Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Laksana, P.J. 2015. Rainfall characteristic on the slopes of mount Merapi region. **Journal of the Civil Engineering Forum**, 1(3): 43-50.
- Lee, J., Kim, S., Jun, H. 2018. A study of the influence of the spatial distribution of rain gauge networks on areal average rainfall calculation. **Water**, 10(11): 1635. doi:10.3390/w10111635
- Mann, H.B., Whitney, D.R. 1947. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The Annals of Mathematical Statistics**, 18(1): 50–60. doi:10.1214/aoms/1177730491.
- Nash, J.E., Sutcliffe J.V. 1970. River flow forecasting through conceptual model part I – A discussion of principles. **Journal of Hydrology**, 10(3): 282–290.
- Nazaripour, H., Daneshvar, M.R.M. 2017. Rain gauge network evaluation and optimal design using spatial correlation approach in arid and semi-arid regions of Iran. **Theoretical and Applied Climatology**, 129(3-4): 1255–1261. doi:10.1007/s00704-016-1853-3
- Perreault, S., Alem, A.E., Chokmani, K., Cambouris, A.N. 2022. Development of Pedotransfer functions to predict soil physical properties in Southern Quebec (Canada). **Agronomy**, 12(2): 526. doi:10.3390/agronomy12020526.
- Thepnumsommanus, S. 2004. **Effect of Topography and Rainfall Characteristics on Rainfall Erosivity Index of Mountainous Area at Mae Chaem Watershed, Chiang Mai Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Uchechukwu, N.B., Njideka, O. 2022. Nigerian rain gauge station optimization and national development: the importance of head count. **Materials Science and Engineering**, 413(1): 012022. doi:10.1088/1757-899X/413/1/012022.
- World Meteorological Organization (WMO). 1976. **Guide to Hydrological Practices, Volume-I: "Hydrology - From Measurement to Hydrological Information"**, WMO No. 168. Geneva, Switzerland.
- Wood, S.H., Ziegler, A.D., 2008. Floodplain sediment from recent 50-year-recurrence floods of the Ping River in Northern Thailand. **Hydrology and Earth System Sciences**, 12: 959-973
- Ziegler, A.D., Xi, L.X., Tantasirin, C. 2011. Sediment monitoring in the Mae Sa catchment in Northern Thailand. **International Association of Hydrological Sciences**, 349: 86-91.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ศักยภาพเส้นใยต้นอ้อยักษ์ (*Arundo donax* L.) ในประเทศไทย

สำหรับอุตสาหกรรมกระดาษkraft

Potential of Giant Reed Fiber (*Arundo donax* L.) in Thailand

for the Kraft Paper Industries

ธิติมา เล่าหสินณรงค์^{1,2}Thitima Laohasinnarong^{1,2}สาวิตรี พิสุทธิพิเชษฐ์^{1*}Sawitree Pisutpiched^{1*}บัวผัน พวงศิลป์¹Buapan Puangsin¹ธีรวัธ อางสำอางค์¹Theerat Ardsamang¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²National Park Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 23 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 3 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 7 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

We studied the potential of giant reed fiber (*Arundo donax* L.) in the kraft paper industries, with the primary focus on the basic properties of the raw material. An analysis of the chemical composition and fiber morphology was conducted. The pulp of giant reed kraft was prepared in 20 to 25% active alkali, having 30% sulfidity, at a maximum temperature of 170°C for 60 minutes. Subsequently, the pulp yield and kappa number were measured for evaluating the optimum potential as an alternative to the industrial kraft pulp. The results indicated that its chemical composition contained 74.88% holocellulose, 41.26% cellulose, 22.42% lignin, 24.59% pentosan, 10.22% extractive, and 4.46% ash. The fiber morphology had a slender fiber shape with a length and width of 1.45 mm and 24.01 micron, respectively. The measured pulp yield, residue, and kappa number were 51.54%, 1.30% and 25.2, respectively. It was observed that the giant reed kraft pulp had a higher potential than some non-wood and wood kraft pulps e.g., bagasse, eucalyptus, and softwood. The various pulps were beaten to 350±20 ml (Canadian Standard Freeness: CSF) freeness and the pulp handsheets were prepared for strength testing. It was observed that tensile index, tear index, burst index, and folding endurance of the giant reed pulp were higher than bagasse and eucalyptus but lower than softwood. We conclude that the giant reed can be considered as a viable raw material option in the kraft paper industry.

Keywords: *Arundo donax* L.; Kraft pulp; Non-wood fibers

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพของเส้นใยต้นอ้อยักษ์ในประเทศไทยเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ โดยการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางสัณฐานวิทยาของเส้นใย แล้วจึงนำมาผลิตเยื่อกระดาษอ้อยักษ์ โดยใช้แอกทีฟอัลคาไลน์ (active alkali) ร้อยละ 20-25 ซัลฟิดิตี (sulfidity) ร้อยละ 30 ภายใต้อุณหภูมิสูงสุดที่ 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด 60 นาที จากนั้นหาผลผลิตเยื่อ ค่าตัวเลขคัปปา เพื่อประเมินความเหมาะสมในการเป็นวัตถุดิบทางเลือกที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์ต่อไป จากผลการศึกษา พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอ้อยักษ์ประกอบด้วย ปริมาณไฮโดรเซลลูโลสร้อยละ 74.88 เซลลูโลสร้อยละ 41.26 ลิกนินร้อยละ 22.42 เพนโทซานร้อยละ 24.59 สารแทรกร้อยละ 10.22 และซีเลอร้อยละ 4.46 สัณฐานวิทยาของเส้นใยอ้อยักษ์มีลักษณะเรียวยาว มีความยาวของเส้นใยอยู่ที่ 1.45 มิลลิเมตร และความกว้างของเส้นใย 24.01 ไมโครเมตร และให้ผลผลิตเยื่อร้อยละ 51.54 และมีส่วนตกค้างร้อยละ 1.30 ในขณะที่ตัวเลขคัปปาอยู่ที่ 25.2 จะเห็นได้ว่าเยื่อกระดาษอ้อยักษ์มีศักยภาพที่ดีกว่าเยื่อกระดาษจากพืชที่ไม่ใช่เนื้อไม้บางชนิดและพืชที่มีเนื้อไม้ เช่น เยื่อจากขานอ้อย ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่แคบ เมื่อทำการตีเยื่อแต่ละชนิดจนได้ค่าความเป็นอิสระของเยื่อ 350 ± 20 ml (Canadian Standard Freeness: CSF) และทำการทดสอบสมบัติความแข็งแรงของแผ่นขึ้นทดสอบ พบว่าค่าดัชนีความแข็งแรงต่อแรงดึง แรงฉีกขาด แรงดันทะลุและความทนทานต่อการหักพับของแผ่นขึ้นทดสอบจากเยื่ออ้อยักษ์จะได้ค่าความแข็งแรงที่มากกว่าเยื่อขานอ้อยและเยื่อยูคาลิปตัส แต่มีค่าน้อยกว่าเยื่อไม้ไผ่แคบ ดังนั้น ต้นอ้อยักษ์จึงเป็นวัตถุดิบทางเลือกที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์ได้

คำสำคัญ: ต้นอ้อยักษ์ เยื่อกระดาษ เส้นใยจากพืชที่ไม่ใช่เนื้อไม้

คำนำ

อุตสาหกรรมกระดาษคราฟท์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตสินค้าและบริการเพื่อส่งต่อให้แก่อุตสาหกรรมอื่น ๆ ในรูปแบบของบรรจุภัณฑ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความแข็งแรงในการเก็บรักษาสินค้าขณะทำการเคลื่อนย้ายหรือขนส่ง และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าอีกด้วย โดยคุณสมบัติของกระดาษคราฟท์ที่สำคัญสำหรับนำไปผลิตเป็นบรรจุภัณฑ์ คือ ด้านความแข็งแรง ในปัจจุบันความนิยมในการเลือกใช้กระดาษคราฟท์มาจากกระดาษความนิยมนานุรักษ์สิ่งแวดล้อม เพราะมีผู้คนส่วนใหญ่คิดว่าสามารถนำกระดาษคราฟท์ไปรีไซเคิลได้ ในการผลิตกระดาษคราฟท์ 1 แผ่น ประกอบด้วยชั้นเยื่อหลายชั้น ซึ่งมีวัตถุดิบหลักได้แก่ เยื่อเส้นใยสั้น เยื่อเส้นใยยาว และเศษกระดาษรีไซเคิล โดยความแตกต่างของเยื่อแต่ละชนิดย่อมส่งผลต่อคุณสมบัติที่แตกต่างกัน สำหรับประเทศไทยมีศักยภาพในการผลิตเยื่อชนิดเส้นใยสั้น อาทิ เยื่อยูคาลิปตัส เยื่อขานอ้อย เยื่อไม้ ส่วนเยื่อเส้นใยยาว ได้แก่ เยื่อที่ผลิตจากไม้ตระกูลสน ประเทศไทยยังต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ รวมถึงเศษกระดาษรีไซเคิลที่ต้องมีการนำเข้าด้วยเช่นกัน

จากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ที่ส่งผลต่อการดำเนินชีวิตและทำ

กิจกรรมต่าง ๆ ทำให้ต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการใช้ชีวิต และจากความนิยมในการสั่งซื้อสินค้าอุปโภคและบริโภคผ่านช่องทางออนไลน์หรือช่องทางอื่น ๆ ที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ความต้องการด้านบรรจุภัณฑ์เพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์ที่ผลิตจากกระดาษคราฟท์ ส่งผลกระทบต่อวัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตกระดาษ ได้แก่ เยื่อกระดาษ ซึ่งมีแนวโน้มที่ไม่เพียงพอต่อการผลิต จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมองหาวัตถุดิบทางเลือกที่เหมาะสม

ต้นอ้อยักษ์ หรือ Giant reed เป็นพืชจำพวกหญ้าขนาดใหญ่และเป็นพืชล้มลุก ส่วนมากขึ้นเป็นกอ มีความสูงประมาณ 2-8 เมตร และมีความกว้าง 1.5-3.0 เซนติเมตร ลักษณะลำต้นเป็นปล้องตั้งตรง ปล้องสั้น ภายในเป็นปล้องกลวงคล้ายไฟสำหรับประเทศไทยพบเพียง 1 ชนิด มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Arundo donax* L. สามารถพบได้ตามธรรมชาติบริเวณชายน้ำหรือริมน้ำ เช่น จังหวัดกาญจนบุรี อุทัยธานี นครสวรรค์ เชียงใหม่ เป็นต้น (Plant Varieties Protection Office, 2019)

สำหรับในด้านการใช้ประโยชน์ของต้นอ้อยักษ์ มีดังนี้ (1) การเป็นส่วนประกอบของเครื่องดนตรีประเภทเป่า คือ ลีน คลาริเน็ต (2) การผลิตก๊าซชีวภาพ (3) การผลิตไบโอเอทานอล (4) การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมด้วยพืช (5) การผลิตเฟอร์นิเจอร์และเครื่องใช้ (6) การผลิตอาหารสัตว์ และ (7) การผลิตกระดาษ นับว่าเป็นพืชที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

หลากหลาย แต่ที่นิยมกันมากที่สุด คือ การนำไปใช้เป็น ส่วนประกอบของเครื่องดนตรีประเภทเป่า เนื่องจากในปัจจุบัน ประเทศไทยยังต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และมีราคาค่อนข้างสูง จากงานวิจัยของ Kolesik *et al.* (1998) ได้ทำการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคของอ้อยักษ์ที่เหมาะสมกับเครื่องดนตรีประเภทคาร์เนต พบว่า อ้อยักษ์เป็น ไม้ที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีความแข็ง อันเนื่องมาจากมัดของเส้นใยจำนวนมากในพวงคิมของชั้น Inner cortex ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของเสียงในเครื่องดนตรีประเภทเป่าอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกับพืชที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน คือ ไม้ที่มีลำต้นที่หนาและแข็งเช่นเดียวกัน พบว่า เมื่อนำต้นไม้ไปปรับแต่งเป็นลิ้นในเครื่องเป่าจะทำให้เกิดความเปราะและขาดความยืดหยุ่น (Theerasuntornvat, 2016) ดังนั้น หากประเทศไทยมีการนำต้นอ้อยักษ์มาผลิตเป็นลิ้นในเครื่องดนตรี จะช่วยลดการนำเข้าจากต่างประเทศได้เป็นจำนวนมากและยังเป็นการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกต้นอ้อยักษ์ เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตลิ้นเครื่องดนตรีต่อไป นอกจากนี้ เศษของอ้อยักษ์ที่เหลือทิ้งจากการผลิตลิ้นเครื่องดนตรียังสามารถนำมาใช้ในการผลิตเยื่อกระดาษได้

การศึกษานี้ใช้วัตถุดิบ คือ ต้นอ้อยักษ์ (*Arundo donax* L.) โดยใช้ส่วนของลำต้นบริเวณปล้อง ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการนำมาผลิตเยื่อ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใย ศึกษาสภาวะการผลิตเยื่อที่เหมาะสมโดยวิธีคราฟท์ และศึกษาศักยภาพของเส้นใยต้นอ้อยักษ์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้ผลิตกระดาษ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

1. ต้นอ้อยักษ์ (*Arundo donax* L.) จากจังหวัดเชียงใหม่ นำส่วนของกาบใบออก และเลือกใช้เฉพาะส่วนของลำต้นบริเวณปล้องมาตัดให้มีขนาดความยาว 1 นิ้ว จากนั้นจึงนำมาผ่าแบ่งเป็น 4 ส่วน และนำไปตากให้แห้ง เพื่อนำไปใช้ในการต้มเยื่อคราฟท์ต่อไป

2. เยื่อคราฟท์ที่ไม่ผ่านการฟอกสีจากโรงงานกระดาษ ได้แก่ เยื่อขานอ้อย เยื่อยูคาลิปตัสและเยื่อไม้ไผ่แคบ เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยและคุณสมบัติทางกายภาพและความแข็งแรง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

นำชิ้นอ้อยักษ์สับมาบดให้เป็นผง และคัดแยกด้วยตะแกรงคัดขนาดผงไม้ที่ 40-60 mesh จากนั้นนำมาเตรียมผงไม้ที่ปราศจากสารแทรกตามมาตรฐาน TAPPI T264 cm-07 เพื่อนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

1. การหาปริมาณโฮโลเซลลูโลส (holocellulose)
2. การหาปริมาณแอลฟาเซลลูโลส (alpha-Cellulose) ตามมาตรฐาน TAPPI T203 cm-09
3. การหาปริมาณลิกนิน (lignin) ตามมาตรฐาน TAPPI T222 om-11 และ TAPPI UM250
4. การหาปริมาณเพนโทซาน (pentosans) ตามมาตรฐาน TAPPI T223 cm-10
5. การหาปริมาณสารแทรก (extractives)
6. การหาปริมาณขี้เถ้า (ash) ตามมาตรฐาน TAPPI T211 om-07

การศึกษาสัณฐานวิทยาของเส้นใย (fiber morphology)

การศึกษารูปร่างของเส้นใย เยื่ออ้อยักษ์ เยื่อขานอ้อย เยื่อยูคาลิปตัสและเยื่อไม้ไผ่แคบ ทำโดยการนำเส้นใยแต่ละชนิดไปย้อมสีด้วย 2% safranin นำไปทำบนแผ่นสไลด์ และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ Light microscope กำลังขยาย 10X จากนั้นถ่ายรูปของเส้นใยอ้อยักษ์

การวัดความยาว ความกว้างของเส้นใย ความกว้างลูเมนและความหนาของผนังเซลล์เส้นใย เยื่ออ้อยักษ์ เยื่อขานอ้อย เยื่อยูคาลิปตัสและเยื่อไม้ไผ่แคบ ทำโดยนำเส้นใยเยื่อแต่ละชนิดไปย้อมสีด้วย 2% safranin นำไปทำบนแผ่นสไลด์ และส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ Light microscope กำลังขยาย 40X จากนั้นถ่ายรูปและทำการวัดค่า โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ZEISS vision นำค่าที่ได้มาคำนวณหาความหนาของผนังเซลล์เส้นใย (cell wall thickness) ค่าสัดส่วนความชะลูด (slenderness ratio) ค่าสัดส่วนรังเคิล (runkel ratio) และค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่น (flexibility coefficient) โดยใช้สูตร (1) (2) (3) และ (4) (Bubpha *et al.*, 2017; Khantayanuwong *et al.*, 2023) ตามลำดับ

$$\text{Cell wall thickness} = \frac{(\text{fiber width} - \text{lumen width})}{2} \quad (1)$$

$$\text{Slenderness ratio} = \frac{\text{fiber length}}{\text{lumen width}} \quad (2)$$

$$\text{Runkel ratio} = 2 \times \frac{\text{cell wall thickness}}{\text{lumen width}} \quad (3)$$

$$\text{Flexibility coefficient} = \left(\frac{\text{flumen width}}{\text{fiber width}} \right) \times 100 \quad (4)$$

การต้มเยื่อคราฟท์

นำชิ้นอ้อยักษ์สับที่เตรียมไว้มาต้มเยื่อด้วยวิธีคราฟท์ โดยมีสภาวะการต้มเยื่อที่มีแอคทีฟอัลคาไลน์ (active alkali) ที่แตกต่างกัน คือ ร้อยละ 20, 22 และ 25 ตามลำดับ และมีซัลฟิไดตี (sulphidity) ร้อยละ 30 อัตราส่วนของของเหลวต่อวัตถุดิบ (L:W) 4:1 ภายใต้อุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature: max temp.) 170 องศาเซลเซียส และเวลาถึงอุณหภูมิสูงสุด (time to max temp.) 30 นาที โดยใช้เวลาที่อุณหภูมิสูงสุด (time at max temp.) 60 นาที เมื่อครบเวลาจึงทำการล้างเยื่อและคัดขนาดเยื่อตามมาตรฐาน TAPPI T275 sp-98 และหาร้อยละผลผลิตของเยื่อ (pulp yield) ร้อยละ ส่วนที่เหลือตกค้าง (reject) และหาปริมาณลิกนินที่เหลือในเยื่อ (kappa number) ตามมาตรฐาน ISO 302

การเตรียมแผ่นขึ้นทดสอบและการทดสอบสมบัติความแข็งแรงของกระดาษ

นำเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์ เยื่อคราฟท์ชานอ้อย เยื่อคราฟท์ยูคาลิปตัสและเยื่อคราฟท์ไม้ไผ่แคบ มาทำการบดด้วยเครื่องบดเยื่อ (valley beater) ตามมาตรฐาน TAPPI T200 sp-96 และหาค่าความเป็นอิสระของเยื่อ (freeness) ตามมาตรฐาน TAPPI T227 om-17 จนได้ค่าเท่ากับ 350 ± 20 ml (CSF) จากนั้นทำการขึ้นรูปเป็นแผ่นขึ้นตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ISO 5269-1 และนำชิ้นตัวอย่างที่ขึ้นรูปแล้วแต่ละชนิดเก็บไว้ที่ห้องควบคุมสภาวะ ที่อุณหภูมิ 23 ± 1 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 50 ± 2 เป็นเวลาอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ตามมาตรฐาน ISO 187 เพื่อเตรียมนำไปทดสอบสมบัติทาง

กายภาพและด้านความแข็งแรง ได้แก่ ความแข็งแรงต่อแรงดึง (tensile strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T494 om-96 ความแข็งแรงต่อการดันทะลุ (bursting strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T403 om-15 ความแข็งแรงต่อการฉีกขาด (tearing strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T414 om-12 และความแข็งแรงต่อการหักพับ (folding strength) ตามมาตรฐาน TAPPI T511 om-96 โดยทำการทดสอบตัวอย่างละ 5 ชิ้น และนำมาวิเคราะห์ผลต่อไป

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของอ้อยักษ์ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า อ้อยักษ์มีปริมาณของไฮโดรเซลลูโลสร้อยละ 74.88 แอลฟาเซลลูโลสร้อยละ 46.26 ลิกนินร้อยละ 22.42 เพนโทซานร้อยละ 24.59 สารแทรกร้อยละ 10.22 และปริมาณซีไคร้อยละ 4.46 ดัง Table 1 จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกับพืชจำพวกข้อปล้องที่มีลักษณะเช่นเดียวกัน คือ พืชไม้ไข่นื้อไม้ที่ได้จากงานวิจัยที่ผ่านมา ได้แก่ ไม้ตง (Khintayanuwong *et al.*, 2023) ชานอ้อย (Samariha *et al.*, 2011) และฟางข้าว (Rodriguez *et al.*, 2008) พบว่าอ้อยักษ์จะให้ปริมาณไฮโดรเซลลูโลสใกล้เคียงกับชานอ้อย แต่สูงกว่าไม้ตงและฟางข้าว ในขณะที่ไม้ตงและชานอ้อยจะให้ปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงกว่าอ้อยักษ์เล็กน้อย แต่อ้อยักษ์จะมีปริมาณแอลฟาเซลลูโลสสูงกว่าฟางข้าวมาก สำหรับปริมาณลิกนิน พบว่าอ้อยักษ์จะมีปริมาณลิกนินใกล้เคียงกับฟางข้าวแต่ละสูงกว่าชานอ้อยเล็กน้อยและต่ำกว่าไม้ตงมาก อ้อยักษ์มีปริมาณสารที่ละลายในน้ำร้อนใกล้เคียงกับไม้ตงแต่สูงกว่าฟางข้าว และยังมีปริมาณซีไคสูงกว่าไม้ตงและชานอ้อย แต่ต่ำกว่าฟางข้าวมาก

Table 1 Summary of the chemical composition of *Arundo donax* L., bamboo, bagasse, rice straw, softwood, and *Eucalyptus* (the standard deviations in parentheses).

Chemical Composition (%)	Giant Reed (<i>A. donax</i> L.)	Bamboo ¹ (<i>D. asper</i>)	Bagasse ²	Rice straw ³	Softwood ⁴ (<i>P. orientalis</i>)	<i>Eucalyptus</i> ⁵ (<i>E. camaldulensis</i>)
Holocellulose	74.88 (0.35)	70.83	74.77	60.70	74.46	72.3
Alpha-cellulose	46.26 (0.69)	47.64	47.40	41.20	44.31	-
- Acid-insoluble lignin	20.27 (0.02)	-	-	-	-	-
- Acid-soluble lignin	2.16 (0.16)	-	-	-	-	-
- Total lignin	22.42 (0.15)	29.58	20.35	21.90	25.20	27.1
Pentosan	24.59 (0.26)	-	-	-	-	15.2
Extractives						
- Acetone extractives	1.50 (0.26)	-	3.15	-	-	-
- Hot water solubility	8.72 (0.66)	8.60	-	7.30	2.81	-
- Total extractives	10.22 (0.24)	-	-	-	-	7.90
Ash	4.46 (0.16)	1.73	1.74	9.20	0.32	0.85

Remarks: ¹Khantayanuwong *et al.* (2023); ²Samariha *et al.* (2011); ³Rodríguez *et al.* (2008);

⁴Tutus *et al.* (2010); ⁵Pisuttipiched (2004)

ในกรณีเปรียบเทียบกับพืชที่ใช้เนื้อไม้ ได้แก่ ไม้ไผ่แคบ (*P. orientalis*) (Tutus *et al.*, 2010) และ ไม้ยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis*) (Pisuttipiched, 2004) พบว่าอ้อยักษ์จะมีปริมาณโฮโลเซลลูโลสใกล้เคียงกับไม้ไผ่แคบ แต่สูงกว่ายูคาลิปตัส ในขณะที่ปริมาณแอลฟาเซลลูโลสของอ้อยักษ์สูงกว่าไม้ไผ่แคบ อ้อยักษ์จะให้ปริมาณลิกนินต่ำกว่าทั้งไม้ไผ่แคบและยูคาลิปตัส ในขณะที่ปริมาณเพนโทซานและสารแทรกสูงกว่ายูคาลิปตัส และอ้อยักษ์ให้ปริมาณซีเลาะสูงกว่าพืชที่ใช้เนื้อไม้มาก

ลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยอ้อยักษ์

จากการทดลองพบว่า เส้นใยอ้อยักษ์มีความยาวเฉลี่ย 1.45 มิลลิเมตร และความกว้าง 24.01 ไมโครเมตร ตาม Table 2 และจากงานวิจัยของ Shatalov *et al.* (2001) ได้ทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเส้นใยอ้อยักษ์ในประเทศกรีซ โดยมีความยาวเส้นใยเฉลี่ย 1.157 มิลลิเมตร และความกว้าง 14.6 ไมโครเมตร ซึ่งความยาวและความกว้างของเส้นใยอ้อยักษ์ในการทดลองนี้มีค่าสูงกว่าการทดลองของงานวิจัยข้างต้น และความหนาของผนังเซลล์เส้นใยอ้อยักษ์เท่ากับ 4.71 ไมโครเมตร ขณะที่ความกว้างของลูเมนเท่ากับ 9.20 ไมโครเมตร จากลักษณะความยาว ความกว้าง ความหนา

ของผนังเซลล์และความกว้างของลูเมน พบว่าเส้นใยอ้อยักษ์มีลักษณะเรียวยาวและมีความยืดหยุ่น เนื่องจากมีผนังเซลล์ที่บางทำให้เกิดการสานตัวกันของเส้นใยที่ดีและช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษ ซึ่งรูปร่างของเส้นใยแสดงตาม Figure 1

ในการวิจัยนี้ได้นำเยื่อที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในประเทศไทยมาทำการทดลอง ได้แก่ เยื่อขานอ้อยเยื่อยูคาลิปตัสและเยื่อไม้ไผ่แคบ เส้นใยมีความยาวเฉลี่ย 1.33, 0.83 และ 1.94 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อเทียบกับเยื่อไฟตงและเยื่อฟางข้าวจากงานวิจัยอื่น ซึ่งมีความยาวเส้นใย 2.48 และ 0.80 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Bubpha *et al.*, 2017; Chollakup *et al.*, 2021) พบว่าเยื่ออ้อยักษ์มีความยาวใกล้เคียงกับเยื่อขานอ้อย และมีความยาวมากกว่าเยื่อฟางข้าวและเยื่อยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นความยาวที่จัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยสั้น (short fiber) แต่อ้อยักษ์มีความยาวน้อยกว่าเยื่อไม้ไผ่แคบและไฟตง ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มเส้นใยยาว (long fiber) สำหรับความกว้างของเส้นใยขานอ้อยและเส้นใยยูคาลิปตัส พบว่าเส้นใยอ้อยักษ์มีความกว้างใกล้เคียงกับเส้นใยขานอ้อยและเส้นใยยูคาลิปตัส

สมบัติความอ่อนตัวของเส้นใย พิจารณาได้จากค่าสัดส่วนความละเอียดของเส้นใย ค่าสัดส่วนรังเคิล และ

ค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเส้นใย โดยเป็นตัวบ่งชี้ให้เห็นถึงความสามารถในการเกิดพันธะระหว่างเส้นใย การยุบตัวและความคงรูปของเส้นใย ซึ่งจาก Table 2 เส้นใยอ้อยักษ์มีค่าสัดส่วนความละเอียดเท่ากับ 59.79 ซึ่งใกล้เคียงกับไม้ไผ่แคบและสูงกว่าเยื่อขานอ้อย แต่สูงกว่าเยื่อยูคาลิปตัสมาก ซึ่งค่าสัดส่วนความละเอียดที่สูงจะมีแนวโน้มที่เส้นใยจะเกิดพันธะกับเส้นใยอื่น ๆ ได้หลายจุดบนเส้นใยเดียวกัน ทำให้กระดาษที่ทำจากเยื่อดังกล่าวนี้มีแนวโน้มที่จะมีความแข็งแรงที่ดี สำหรับค่าสัดส่วนรังเคิลเท่ากับ 1.08 ซึ่งน้อยกว่าเส้นใยยูคาลิปตัส แต่มีค่ามากกว่าเส้นใยขานอ้อยและไม้ไผ่แคบ เนื่องจากค่าสัดส่วนรังเคิลที่มากกว่า 1 (>1) แสดงว่าเส้นใยมีความแข็งแรงและไม่ยุบตัวง่ายเมื่อเทียบกับเส้นใยที่มีค่าสัดส่วนรังเคิลน้อยกว่า 1 (<1) (Khantayanuwong *et al.*, 2023) จะเห็นได้ว่าเส้นใยอ้อยักษ์มีค่าสัดส่วนรังเคิลประมาณ 1.0 ซึ่งจะให้เส้นใยที่มีความแข็งแรงและอาจยุบตัวยาก แต่ต้องมีการพิจารณาหลังจากการบดเยื่อประกอบด้วย เพราะการบดเยื่อจะช่วยทำให้การยุบตัวของผนังเซลล์ดีขึ้น

สำหรับค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเส้นใย คือ อัตราส่วนของความกว้างลูเมนต่อความกว้างของเส้นใย ซึ่งเส้นใยอ้อยักษ์มีค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นเท่ากับ 48.71 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับเส้นใยยูคาลิปตัส (46.09) แต่น้อยกว่าเส้นใยขานอ้อย (58.27) และไม้ไผ่แคบ (56.10) โดย Khantayanuwong *et al.* (2023) ได้มีการจัดประเภทของค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นดังนี้ (1) เส้นใยที่มีความยืดหยุ่นสูง (high elastic fiber) คือเส้นใยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเส้นใยมากกว่า 75 (>75) (2) เส้นใยที่มีความยืดหยุ่น (elastic fiber) เป็นเส้นใยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเส้นใยอยู่ระหว่าง 50-70 (3) เส้นใยที่ค่อนข้างแข็ง (rigid fiber) เป็นเส้นใยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเส้นใยอยู่ระหว่าง 30-50 และ (4) เส้นใยที่มีความแข็ง (highly rigid fiber) เป็นเส้นใยที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความยืดหยุ่นของเส้นใยน้อยกว่า 30 (<30) จะเห็นได้ว่าเส้นใยอ้อยักษ์จัดอยู่ในประเภทเส้นใยที่ค่อนข้างยืดหยุ่น คือ มีความคงรูปและสามารถยืดหยุ่นได้ตามแรงที่มากระทำจนเกิดการยุบตัวได้ดีและมีแนวโน้มที่จะเกิดพันธะระหว่างเส้นใยได้ดี

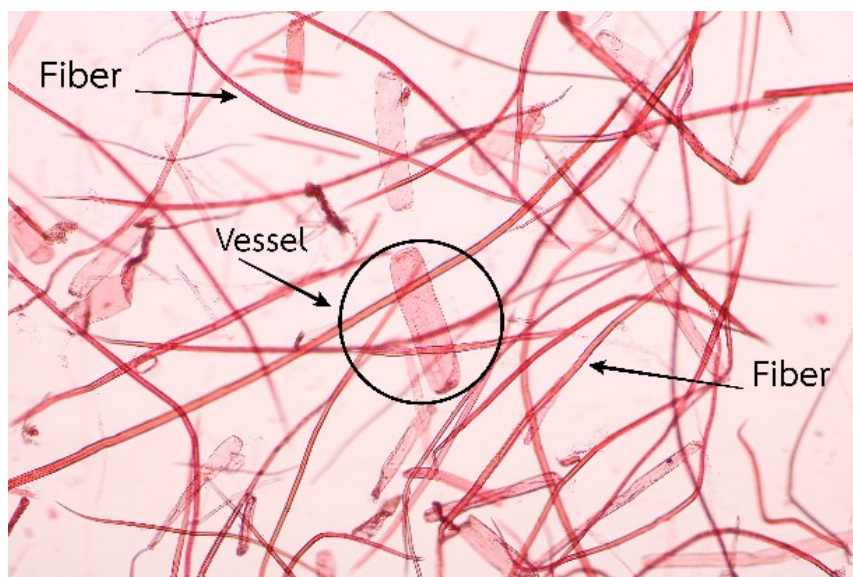


Figure 1 Fiber morphology of *Arundo donax* L.

Table 2 Fiber Characteristics of *Arundo donax* L., bagasse, *Eucalyptus*, softwood, bamboo, and rice straw kraft pulps as determined using microphotographs measurement (standard deviations area indicated in parentheses).

Characteristics	Unbleached Reed kraft pulp (<i>A. donax</i> L.)	Bagasse kraft pulp	Unbleached eucalyptus kraft pulp	Unbleached softwood kraft pulp	Bamboo kraft pulp ¹ (<i>D. asper</i>)	Rice straw kraft pulp ²
Fiber length (mm)	1.45 (0.55)	1.33 (0.38)	0.83 (0.17)	1.94 (0.75)	2.48	0.80 ± 0.41
Fiber width (µm)	24.01 (4.90)	24.74 (5.86)	21.76 (3.70)	40.70 (10.10)	27.30	10.2 ± 5.3
Lumen width (µm)	9.20 (2.89)	11.31 (4.37)	7.11 (1.87)	23.25 (9.15)	2.30	8.7 ± 0.4
Cell wall thickness (µm)	4.71 (1.13)	3.88 (1.04)	4.12 (1.00)	8.73 (2.22)	11.64	1.5 ± 0.1
Slenderness ratio	59.79 (17.57)	56.30 (20.23)	38.75 (7.69)	57.75 (23.09)	-	-
Runkel ratio	1.08 (0.26)	0.76 (0.28)	1.24 (0.43)	0.86 (0.41)	0.97	0.34 ± 0.01
Flexibility coefficient	48.71 (5.56)	58.27 (8.45)	46.09 (8.23)	56.10 (10.68)	9.06	85.29 ± 4.0

Remarks: ¹Bubpha *et al.* (2017); ²Chollakup *et al.* (2021)

ผลผลิตเยื่อกราฟท์อ้อยักษ์

ผลผลิตเยื่อจากต้นอ้อยักษ์ที่ทำการต้มเยื่อด้วยวิธีกราฟท์ โดยใช้แอคทีฟอัลคาไลน์ร้อยละ 20, 22 และ 25 ซัลฟิตดีร้อยละ 30 พบว่ามีผลผลิตเยื่อร้อยละ 51.54, 50.49 และ 49.11 ตามลำดับ มีตัวเลขคัปปาเท่ากับ 25.2, 18.65 และ 14.39 ตามลำดับ และมีส่วนตกค้างร้อยละ 1.30, 0.96 และ 0.16 ตามลำดับ แสดงว่าเมื่อใช้แอคทีฟอัลคาไลน์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ผลผลิตเยื่อและตัวเลขคัปปาลดลง เนื่องจากเกิดกระบวนการ Delignification คือ กระบวนการดัดกลืนออกจากเยื่อ เมื่อความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มากขึ้น ทำให้เกิดการสลายลิกนิน เฮมิเซลลูโลสและเซลลูโลสในเยื่อมากขึ้น จึงทำให้ผลผลิตเยื่อลดลง ดังแสดงใน Table 3

เมื่อพิจารณาสภาวะการผลิตเยื่อกราฟท์อ้อยักษ์ จากการศึกษาของ Shatalov and Pereira (2002) โดยใช้แอคทีฟอัลคาไลน์ร้อยละ 20 (as Na₂O) ซัลฟิตดีร้อยละ 30 (as Na₂O) และอัตราส่วน L:W เท่ากับ 8:1 พบว่าได้ผลผลิตเยื่อ

ร้อยละ 44.5 ตัวเลขคัปปาเท่ากับ 25 และส่วนตกค้างร้อยละ 0.2 จากการรายงานของ Abrantes *et al.* (2003) ที่ทำการต้มเยื่อกราฟท์อ้อยักษ์ โดยใช้แอคทีฟอัลคาไลน์ร้อยละ 25 (as NaOH) ซัลฟิตดีร้อยละ 30 (as NaOH) และอัตราส่วน L:W เท่ากับ 6:1 พบว่าได้ผลผลิตเยื่อร้อยละ 35.9 ตัวเลขคัปปาเท่ากับ 10 ซึ่งผลผลิตเยื่อจากการศึกษาครั้งนี้จะมีความมากกว่า การศึกษาทั้งสองครั้งในข้างต้น และสภาวะการต้มเยื่อกราฟท์อ้อยักษ์โดยใช้แอคทีฟอัลคาไลน์ร้อยละ 20 (as NaOH) ซัลฟิตดีร้อยละ 30 (as NaOH) และอัตราส่วน L:W เท่ากับ 4:1 จะให้ผลผลิตเยื่อมากที่สุดและตัวเลขคัปปา (25) อยู่ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ในกระดาษกลุ่มไม่ฟอกเยื่อ เช่น กระดาษกราฟท์ เมื่อเปรียบเทียบกับระดับตัวเลขคัปปาเท่ากับ 25 ของเยื่อไฟตง เยื่อฟางข้าว เยื่อไม้ใบแคบ เยื่อยูคาลิปตัสและเยื่อชานอ้อย พบว่ามีผลผลิตเยื่อร้อยละ 54.2, 33.85, 44.0, 44.3 และ 49.55 ตามลำดับ (Vu *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2008; Rautiainen and Alén, 2009; Rana *et al.*, 2014; Chibudike *et al.*, 2021)

Table 3 Pulping conditions and pulp obtained for *Arundo donax* L.

Result	Active alkali (%)		
	20	22	25
Pulp yield (%)	51.54	50.49	49.11
Reject (%)	1.30	0.96	0.16
Kappa number	25.20	18.65	14.39

สมบัติด้านความแข็งแรงของกระดาษ

ใน Table 4 แสดงสมบัติของแผ่นขึ้นทดสอบเยื่อกระดาษอ้อยยักซ์ เยื่อกระดาษชานอ้อย เยื่อกระดาษยูคาลิปตัสและเยื่อกระดาษไม้ใบแคบ ในขณะที่ค่าความเป็นอิสระของเยื่อเท่ากับ 350 ± 20 มิลลิลิตร

1. ความแข็งแรงต่อแรงดึง

แผ่นขึ้นทดสอบเยื่อกระดาษอ้อยยักซ์ ชานอ้อย ยูคาลิปตัสและไม้ใบแคบ มีค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงดึงเท่ากับ 59.12, 39.18, 41.77 และ 69.75 นิวตันเมตรต่อกรัมตามลำดับ เนื่องจากการตีเยื่อเป็นกระบวนการของการเกิดไฟบริลของผนังเซลล์เส้นใยทั้งภายในและภายนอก (internal and external fibrillation) ซึ่งช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างเส้นใยและทำให้เส้นใยเกิดความยึดหยุ่น (Fiserova *et al.*, 2013) จาก Figure 2(a) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีการต้านทานแรงดึงของเยื่อแต่ละชนิด พบว่าแผ่นขึ้นทดสอบเยื่อกระดาษอ้อยยักซ์จะมีค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงดึงน้อยกว่าไม้ใบแคบ แต่มีค่ามากกว่าชานอ้อยและยูคาลิปตัส เนื่องจากความยาวของเส้นใยอ้อยยักซ์น้อยกว่าเส้นใยไม้ใบแคบ ทำให้เส้นใยอ้อยยักซ์มีพื้นที่การเกิดพันธะบนเส้นใยแต่ละเส้นน้อยกว่าเส้นใยไม้ใบแคบและเกิดพันธะระหว่างเส้นใยในแผ่นกระดาษน้อยกว่า อย่างไรก็ตามความยาวของเส้นใยอ้อยยักซ์ยังมีความยาว

มากกว่าเส้นใยชานอ้อยและยูคาลิปตัส ซึ่งส่งผลให้ค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงมากกว่าเยื่อทั้งสองชนิด

2. ความแข็งแรงต่อแรงฉีกขาด

แผ่นขึ้นทดสอบเยื่อกระดาษอ้อยยักซ์ ชานอ้อย ยูคาลิปตัสและไม้ใบแคบ มีค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงฉีกขาดเท่ากับ 7.24, 5.28, 4.83 และ 10.50 มิลลินิวตันตารางเมตรต่อกรัม ตามลำดับ แม้ว่าการตีเยื่อจะเป็นกระบวนการที่ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับกระดาษเพราะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของเส้นใย แต่หากมีการตีเยื่อมากเกินไปอาจจะทำให้เส้นใยเกิดการแตกหักและความยาวของเส้นใยสั้นลง จนส่งผลให้ค่าความแข็งแรงลดลงได้ ซึ่งความแข็งแรงต่อการฉีกขาดมีผลมาจากความแข็งแรงและความยาวของเส้นใย (Chen *et al.*, 2016) ซึ่งจาก Figure 2(b) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงฉีกขาดของเยื่อแต่ละชนิด พบว่าแผ่นขึ้นทดสอบเยื่อกระดาษอ้อยยักซ์มีค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงฉีกขาดน้อยกว่าไม้ใบแคบ แต่มีค่ามากกว่าชานอ้อยและยูคาลิปตัส เนื่องจากเส้นใยของไม้ใบแคบมีความยาวมากกว่า ทำให้สามารถเกิดพันธะระหว่างเส้นใยได้ดีกว่าเยื่อเส้นใยสั้น และเมื่อผ่านการตีเยื่อจะทำให้ความยาวเส้นใยสั้นลงและความแข็งแรงลดลงเช่นกัน ดังนั้นเยื่อที่มีความยาวเส้นใยมากจะมีโอกาสที่จะมีตำแหน่งในการเกิดพันธะระหว่างเส้นใยมากกว่าเส้นใยสั้น (Bubpha *et al.*, 2017)

Table 4 Physical properties of unbleached kraft handsheet at 350 ± 20 ml (CSF) (standard deviations are indicated in parentheses).

Unbleached kraft pulp	Tensile index (Nm g ⁻¹)	Tear index (mN m ² g ⁻¹)	Burst index (kPa m ² g ⁻¹)	Folding endurance (double fold)
Giant reed (<i>Arundo donax</i> L.)	59.12 (2.03)	7.24 (0.27)	3.45 (0.20)	141.0 (45.89)
Bagasse	39.18 (1.49)	5.28 (0.08)	1.64 (0.26)	19.2 (2.14)
<i>Eucalyptus</i>	41.77 (3.89)	4.83 (0.21)	2.23 (0.17)	10.4 (1.36)
Softwood	69.75 (3.70)	10.50 (0.27)	5.25 (0.44)	772.0 (175.15)

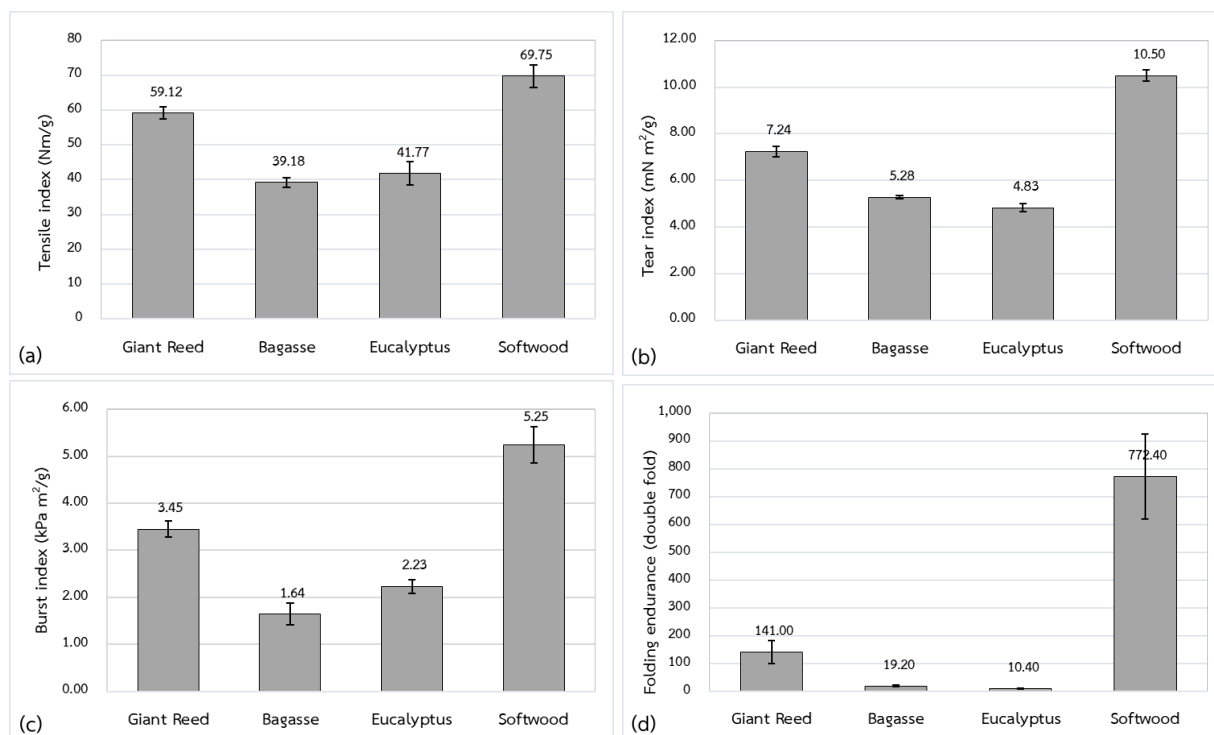


Figure 2 Physical properties of unbleached kraft handsheets (a) Tensile strength (b) Tear strength (c) Burst strength and (d) Folding endurance.

3. ความแข็งแรงต่อแรงดันทะลุ

แผ่นขึ้นทดสอบเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์ ขานอ้อย ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่แคบ มีค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงดันทะลุ เท่ากับ 3.45, 1.64, 2.23 และ 5.25 กิโลปาสกาลตารางเมตร ต่อกรัม ตามลำดับ จากการตีเยื่อจะส่งผลให้เกิดการแตกแขนงของกลุ่มไฮดรอกซิลบนพื้นผิวของเส้นใยมากขึ้น ซึ่งจะช่วยให้เส้นใยมีการสานตัวกันได้ดี (Chen *et al.*, 2016) ซึ่งจาก Figure 2 (c) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงดันทะลุของเยื่อแต่ละชนิด พบว่าแผ่นขึ้นทดสอบเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์มีค่าดัชนีการต้านทานต่อแรงดันทะลุน้อยกว่าไม้ไผ่แคบ แต่มีค่ามากกว่าขานอ้อยและยูคาลิปตัส ซึ่งค่าที่ได้จะมีความสอดคล้องกับค่าความแข็งแรงต่อแรงดึงและค่าความแข็งแรงต่อน้ำหนักกด

4. ความแข็งแรงต่อการหักพับ

แผ่นขึ้นทดสอบเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์ ขานอ้อย ยูคาลิปตัสและไม้ไผ่แคบ มีค่าความแข็งแรงต่อการหักพับ เท่ากับ 141, 19, 10 และ 772 ครั้ง ตามลำดับ ซึ่งจาก Figure 2 (d) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างค่าความแข็งแรงต่อการหักพับของเยื่อแต่ละชนิด พบว่าแผ่นขึ้นทดสอบเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์มีค่าความแข็งแรงต่อการหักพบน้อยกว่าไม้ไผ่แคบ แต่มีค่ามากกว่าขานอ้อยและยูคาลิปตัส

สรุป

การศึกษาคุณสมบัติและศักยภาพของอ้อยักษ์ เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบทางเลือกในการผลิตกระดาษ สรุปผลดังนี้

1. อ้อยักษ์มีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกับพืชที่ให้เส้นใยเพื่อการผลิตเยื่อกระดาษอื่น ๆ เช่น ปริมาณไฮโดรเซลลูโลสและแอลฟาเซลลูโลสที่สูง ในขณะที่ปริมาณลิกนินค่อนข้างต่ำกว่าพืชที่ให้เนื้อไม้ทั่วไป

2. อ้อยักษ์มีความยาวเส้นใยที่จัดอยู่ในประเภทเส้นใยสั้น (short fiber) แต่มีความยาวเส้นใยที่สูงกว่าพืชเส้นใยสั้นที่ใช้ในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในประเทศไทยอื่น ๆ เช่น ยูคาลิปตัสและขานอ้อย ลักษณะของเส้นใย เช่น ความกว้าง ความหนาของผนังเซลล์และความกว้างลูเมน มีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้ในการผลิตเยื่อและกระดาษ

3. สภาวะการต้มเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์ที่เหมาะสม คือ การใช้แอมโมเนียที่ร้อยละ 20 (as NaOH) ซัลฟิเตอ์ร้อยละ 30 (as NaOH) ซึ่งจะให้ผลผลิตเยื่อสูง (ร้อยละ 51.54) ส่วนตกค้างต่ำ (ร้อยละ 1.30) และตัวเลขคัปปา (เท่ากับ 25) ที่เหมาะสมต่อการนำไปผลิตกระดาษคราฟท์

4. กระดาษที่ได้จากเยื่อคราฟท์อ้อยักษ์มีความแข็งแรงมากกว่าเยื่อคราฟท์ขานอ้อยและยูคาลิปตัส แต่ก็ยังมี

ค่าต่ำกว่าเยื่อคราฟท์ไม้ไผ่แคบ ดังนั้นในการนำเยื่ออ้อยักษ์มาใช้ในกลุ่มเส้นใยสั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะสามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกที่ดีในการผลิตกระดาษได้

ข้อเสนอแนะ

ควรทำการศึกษาต้นอ้อยักษ์จากแหล่งอื่น ๆ ในประเทศไทยเพิ่มเติม เพื่อให้ทราบถึงแหล่งวัตถุดิบที่มีคุณภาพของแต่ละพื้นที่

REFERENCES

- Abrantes, S., Amaral, E., Duarte, A.P., Pereira, H., Shatalov, A. 2003. Study of papermaking potencial of giant reed and cynara thistle. a comparison with eucalypt pulp. In: **WPP. Chemical Technology of Wood, Pulp and Paper**. Slovak university of technology, Bratislava, Slovakia, pp. 96–101.
- Bubpha, A., Pisuttipiched, S., Somboon, P. 2017. Strength improvement of kraft linerboard by sweet bamboo pulp substitution for long fibers from softwood pulp. **Thai Journal of Forestry**, 36(2): 98-106.
- Chen, T., Xie, Y., Wei, Q., Wang, X., Hagman, O., Karlsson, O., Liu, J. 2016. Effect of refining on physical properties and paper strength of *Pinus massoniana* and China fir cellulose fibers. **Bioresources**, 11(3): 7839-7848.
- Chibudike, H., Ndukwe, N., Chibudike, E., Obi, N., Adeyoju, O. 2021. Comparative assessment of the pulping potentials of soda and mea processes for the development of paper-pulp from sugarcane bagasse. **World Journal of Advanced Research and Reviews**, 12(01): 230-242.
- Chollakup, R., Kongtud, W., Sukatta, U., Premchookiat, M., Piriyaasatits, K., Nimitkeatkai, H., Jarerat, A. 2021. Eco-friendly rice straw paper coated with longan (*Dimocarpus Longan*) peel extract as bio-based and antibacterial packaging. **Polymers**, 13(18): 3096. doi:10.3390/polym13183096
- Fiserova, M., Illa, A., Boháček, Š., Kasajova, M. 2013. Handsheet properties of recovered and virgin fibre blends. **Wood Research**, 58(1): 57-66.
- Khantayanuwong, S., Yimlamai, P., Chitbanyong, K., Wanitpinyo, K., Pisuttipiched, S., Sungkaew, S., Sukyai, P., Puangsin, B. 2023. Fiber morphology, chemical composition, and properties of kraft pulping handsheet made from four Thailand bamboo species. **Journal of Natural Fibers**, 20(1): 2150924. doi:10.1080/15440478.2022.2150924
- Kolesik, P., Mills, A., Sedgley, M. 1998. Anatomical characteristics affecting the musical performance of clarinet reeds made from *Arundo donax* L. (Gramineae). **Annals of Botany**, 81(1): 151-155.
- Pisuttipiched, S. 2004. Effect of tree age on wood properties of *Eucalyptus camaldulensis* in Thailand. **Thai Journal of Forestry**, 23(2): 152-160.
- Plant Varieties Protection Office. 2019. **Study for Development the Test Guidelines and Methodology for DUS Examination in Giant Reed (*Arundo donax* L.)**. Department of Agriculture, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Rana, V., Joshi, G., Singh, S.P., Gupta, P.K. 2014. Eucalypts in pulp and paper industry. In: **Eucalypts in India**. ENVIS Centre on Forestry. Dehradun, India.
- Rautiainen, R., Alén, R. 2009. Influence of cooking conditions on the properties of first-thinning scots pine (*Pinus sylvestris*) kraft pulp. **Cellulose Chemistry and Technology**, 43(7): 281-286.

- Rodríguez, A., Moral, A., Serrano, L., Labidi, J., Jiménez, L. 2008. Rice straw pulp obtained by using various methods. **Bioresource Technology**, 99(8): 2881-2886. doi:10.1016/j.biortech.2007.06.003
- Samariha, A., Khakifirooz, A. 2011. Application of NSSC pulping to sugarcane bagasse. **BioResources**, 6(3): 3313-3323.
- Shatalov, A., Quilhó, T., Pereira, H. 2001. *Arundo donax* L. reed: New perspectives for pulping and bleaching - 1. Raw material characterization. **Tappi Journal**, 84(1): 1-12.
- Shatalov, A., Pereira, H. 2002. Influence of stem morphology on pulp and paper properties of *Arundo donax* L. reed. **Industrial Crops and Products**, 15(1): 77-83.
- Theerasuntornvat, T. 2016. **Bassoon Reed Making by Bassoonists in Thailand**. M.S. Thesis, Silpakorn University. Bangkok, Thailand. (in thai)
- Tutus, A., Ates, S., Deniz, I. 2010. Pulp and paper production from spruce wood with kraft and modified kraft methods. **African Journal of Biotechnology**, 9(11): 1648-1654.
- Vu, T.H.M., Pakkanen, H., Alén, R. 2004. Delignification of bamboo (*Bambusa procera* acher): Part 1. Kraft pulping and the subsequent oxygen delignification to pulp with a low kappa number. **Industrial Crops and Products**, 19(1): 49-57. doi:10.1016/j.indcrop.2003.07.001
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2556-2565
ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่
A Study of Change in Forest Area during 2013-2022
in the Sri Lanna National Park, Chiang Mai Province

อลงกต ปากาศ^{1*}Alongkot Pakat^{1*}ภุพชิต ช้วยบำรุง²Bhupichit Chouibumroong²ศิริลักษณ์ เจนกาวณวิช³Siriluk Janekarnwanit³¹สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) หลักสี่ กรุงเทพฯ 10210¹Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Lak Si, Bangkok 10210, Thailand²อุทยานแห่งชาติศรีลานนา แม่แตง เชียงใหม่ 50150²Sri Lanna National Park, Mae Taeng, Chiang Mai 50150, Thailand³บริษัทเจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส จำกัด 89 อาคารเอไอเอ แคปปิตอล เซ็นเตอร์ แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400³Charoen Pokphand Produce Company Limited. 89 AIA Capital Center, Din Daeng, Din Daeng, Bangkok 10400, Thailand

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

รับต้นฉบับ 10 เมษายน 2566

รับแก้ไข 20 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 11 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The objective of this study was to apply remote sensing techniques to examine the changes in the forested area around the Sri Lanna National Park during a period of 10 years from 2013–2022, using computer-based classification of Landsat 8 OLI satellite data. Supervised classification techniques were used in conjunction with visual interpretation, which included the use of GIS (geographic information system) to assist in data management. At least 500 inspection points were used around the Sri Lanna National Park to determine the accuracy of the classification by using an error matrix or confusion matrix table and Kappa statistics.

Using the classification, it was observed that the forested area decreased by 4,439 rai (710.24 ha) between 2013–2022, with the most decrease experienced during the past 10 years. Specifically, between 2014–2015, the area decreased by 1,308 rai (209.28 ha), 2015–2016 decreased by 605 rai (96.80 ha), 2016–2017 decreased by 1,988 rai (318.08 ha), 2017–2018 decreased by 863 rai (138.08 ha), 2018–2019 decreased by 297 rai (47.52 ha), in 2019–2020 decreased by 353 rai (57.28 ha), in 2020–2021 decreased by 386 rai (61.76 ha), and in 2021–2022 decreased by 153 rai (24.48 ha), was the least decrease during the 10 years analyzed. The classification accuracy for each year indicated to an average overall accuracy of about 85.54 percent and a Kappa statistic of 77.74 percent. The trend of change in the forested areas was a polynomial of the 3rd order as described by the equation $y = -0.0322x^3 + 195.19x^2 - 394313x + 3E+08$ ($R^2 = 0.9789$), where x is the year of interest.

Keywords: Forest area; Landsat 8; Remote sensing; Satellite data; Sri Lanna National Park

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกล ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ระหว่างปี พ.ศ. 2556–2565 ระยะเวลา 10 ปี โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI แปลตีความด้วย Computer based classification ใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification) ร่วมกับเทคนิควิธีการแปลภาพด้วยสายตา (visual interpretation) รวมถึงใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system: GIS) เข้ามาช่วยจัดการข้อมูล ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลข้อมูลภาพ โดยกำหนดจำนวนจุดที่ใช้ในการตรวจสอบไม่น้อยกว่า 500 จุด รอบบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ด้วยตาราง Error matrix หรือ Confusion matrix และค่าสถิติแคปปา (Kappa statistics)

จากการแปลตีความข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI ในบริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา พบว่าพื้นที่ป่า ระหว่างปี 2556–2557 ลดลง 4,439 ไร่ (710.24 เฮกตาร์) ซึ่งเป็นช่วงปีที่พื้นที่ป่าลดลงมากที่สุด ปี 2557–2558 ลดลง 1,308 ไร่ (209.28 เฮกตาร์) ปี 2558–2559 ลดลง 605 ไร่ (96.8 เฮกตาร์) ปี 2559–2560 ลดลง 1,988 ไร่ (318.08 เฮกตาร์) ปี 2560–2561 ลดลง 863 ไร่ (138.08 เฮกตาร์) ปี 2561–2562 ลดลง 297 ไร่ (47.52 เฮกตาร์) ปี 2562–2563 ลดลง 353 ไร่ (57.28 เฮกตาร์) ปี 2563–2564 ลดลง 386 ไร่ (61.76 เฮกตาร์) และปี 2564–2565 ลดลง 153 ไร่ (24.48 เฮกตาร์) ซึ่งเป็นการลดลงของพื้นที่ป่าที่น้อยที่สุดในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา และผลการตรวจสอบข้อมูลความถูกต้องในแต่ละปี Overall accuracy มีค่าเฉลี่ยประมาณร้อยละ 85.54 และค่าสถิติแคปปา ที่ 77.74 และพบแนวโน้มของพื้นที่ป่าจากสมการ Polynomial order 3 $y = -0.0322x^3 + 195.19x^2 - 394313x + 3E+08$ และ $R^2 = 0.9789$

คำสำคัญ: พื้นที่ป่า แลนด์สแทท 8 การสำรวจระยะไกล ข้อมูลดาวเทียม อุทยานแห่งชาติศรีลานนา

คำนำ

ทรัพยากรป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและสร้างประโยชน์ต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังเป็นฐานการพัฒนาประเทศในทุกด้าน ทั้งมิติด้านเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม แต่ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ประเทศไทยต้องเผชิญกับแรงขับเคลื่อนจากหลายปัจจัย เช่น ปัจจัยการผลิตและการบริโภค การลงทุนทั้งภายในและต่างประเทศ การเพิ่มของจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง (Pongtong and Wongsiwawilas, 2015) รวมถึงการอพยพย้ายถิ่นที่อยู่อาศัยและที่ทำกิน การเจริญเติบโตของธุรกิจการท่องเที่ยว ทำให้เกิดความต้องการในการใช้ที่ดินเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ป่าไม้ถูกบุกรุกถูกเปลี่ยนสภาพไปเป็นกิจการโรงแรม รีสอร์ทท บริการด้านการท่องเที่ยว รวมถึงปัญหาการขาดแคลนที่ดินของคนท้องถิ่น ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของการบุกรุกทำลายป่า ยึดถือครอบครองพื้นที่เพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยและที่ทำกิน สอดคล้องกับผลการศึกษาจากงานวิจัยหลายแห่งที่พบว่าปัญหาป่าไม้หลักมาจากการเติบโตของจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่วิถีพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อเนื่องกันมา อาทิส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ การพัฒนาความเป็นเมือง

ความยากจนของประชากรที่มาจากการไม่มีที่ทำกินจึงทำให้ต้องมีการบุกรุกป่า (Franklin, 2001) จากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าในหลายพื้นที่ ทั้งนี้จากการศึกษาพบว่าปัญหาพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยมีจำนวนลดลงอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าสถานการณ์อาจจะมีความรุนแรงลดน้อยลง จะเห็นได้จากช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2560–2561 ที่พบว่าสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ของประเทศเริ่มดีขึ้น โดยมีพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นประมาณ 3.3 แสนไร่ แต่ยังคงต่ำกว่าเป้าหมายตามแผนยุทธศาสตร์ชาติระยะ 20 ปี และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 ที่กำหนดให้ประเทศไทยต้องมีพื้นที่ป่าไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของประเทศหรือประมาณ 128.3 ล้านไร่ ซึ่งปัญหาพื้นที่ป่าไม้ที่มีจำนวนลดลงนั้นเกิดขึ้นจากหลายประการ เช่น การบุกรุกทำลายป่า การถือครองพื้นที่ป่าโดยผิดกฎหมาย หรือปัญหาไฟป่า เป็นต้น (Office of the Auditor General of Thailand, 2010)

จากปัญหาที่พบ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งเป็นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจึงต้องเร่งแก้ไขปัญหาดังกล่าว และได้กำหนดภารกิจสำคัญโดยมุ่งเน้นการอนุรักษ์คุ้มครองดูแล รักษาทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าให้มีสมดุลตามธรรมชาติ

รวมถึงศึกษา วิจัย พัฒนาวิธีการอนุรักษ์ การบริหารจัดการ พื้นที่ทรัพยากรป่าไม้ สัตว์ป่า ความหลากหลายทางชีวภาพ และกำหนดมาตรการและมาตรฐานเกี่ยวกับการอนุรักษ์บริหารจัดการ การใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่า และนำไปสู่การจัดทำแผนปฏิบัติการราชการประจำปี พ.ศ. 2565 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ซึ่งมีเป้าหมายของการดำเนินงานที่มุ่งเน้นในการป้องกันและรักษาพื้นที่ป่าอนุรักษ์เดิมที่มีอยู่และฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรมให้กลับสมบูรณ์ เพื่อรักษาสสมดุลของระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม ตลอดจนความหลากหลายทางชีวภาพ ด้วยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาประยุกต์ใช้ รวมทั้งปรับสมดุลและพัฒนาระบบบริหารจัดการภาครัฐเพื่อการบริหารจัดการอย่างยั่งยืน ซึ่งเป็นการสนับสนุนการเพิ่มพื้นที่ป่าอนุรักษ์อีก (Planning and Information Office, 2021) ทั้งนี้การกำหนดแผนการดำเนินงานของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้สอดคล้องกับเป้าหมายของยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2561–2580) ที่ได้กำหนดยุทธศาสตร์ที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาประเทศหนึ่งในนั้นคือยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยมีเป้าหมายเพื่ออนุรักษ์และรักษาทรัพยากรธรรมชาติ สิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรมให้คนรุ่นต่อไปได้ใช้อย่างยั่งยืนสมดุล รวมถึงให้มีการใช้ประโยชน์และสร้างการเติบโตบนฐานทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมให้สมดุลภายในขีดความสามารถของระบบนิเวศ (Office of the Secretary of the National Strategy Committee, 2018)

อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ เป็นอีกหนึ่งอุทยานที่ได้ให้ความสำคัญกับการกีดกันด้านการป้องกันอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าให้มีสภาพป่าสมบูรณ์ จึงได้จัดทำแผนปฏิบัติการราชการของหน่วยงานที่มุ่งเน้นในด้านการป้องกันการบุกรุกทำลายทรัพยากรป่าไม้อย่างบูรณาการ รวมถึงเพิ่มประสิทธิภาพในการเฝ้าระวังพื้นที่ป่า จึงจัดทำโครงการการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าระหว่างปี พ.ศ. 2556–2565 ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นการสำรวจพื้นที่ป่าไม้ รวมถึงทำให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงของ

สภาพพื้นที่ป่าไม้ในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา เพื่อให้ทราบขนาดของพื้นที่ป่าที่ได้อย่างทันทั่วถึงที่สามารถทราบข้อมูลของพื้นที่ได้รวดเร็ว โดยไม่ต้องรอกระบวนการจัดส่งข้อมูลจากหน่วยงานส่วนกลางซึ่งมีหน้าที่ในการรวบรวมข้อมูลทั้งประเทศ ด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลและข้อมูลดาวเทียม โดยข้อมูลที่นำมาใช้เป็นข้อมูลที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการจัดหาข้อมูล ซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีประโยชน์และจำเป็นอย่างยิ่งต่อการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่า ทั้งนี้เพื่อใช้ในการวางแผน และกำหนดแผนปฏิบัติงาน รวมถึงนโยบายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติศรีลานนาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติศรีลานนา มีพื้นที่รับผิดชอบ 3 อำเภอ ได้แก่ อำเภอแม่แตง อำเภอเชียงดาว อำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วยสภาพป่าที่อุดมสมบูรณ์และเป็นป่าต้นน้ำลำธารที่สำคัญของแม่น้ำปิงตอนบน มีสัตว์ป่า นานาชนิด มีเนื้อที่ประมาณ 878,750 ไร่ หรือ 1,406 ตารางกิโลเมตร ลักษณะภูมิประเทศ เป็นเทือกเขาสูง สลับซับซ้อน ติดต่อกันกว้างขวางของทิวเขาผีปันน้ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 400–1,718 เมตร ลักษณะภูมิอากาศในเขตอุทยานแห่งชาติศรีลานนา เป็นแบบฝนตกชุกสลับแห้งแล้งในเขตร้อน อุดมภูมิเฉลี่ยตลอดปี 26 องศาเซลเซียส สังคมพืชในอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ประกอบด้วยป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นสังคมพืชที่ปกคลุมพื้นที่ของอุทยานแห่งชาติมากที่สุด กระจายอยู่ในพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 200–1,200 เมตร และในระดับ 800–1,200 เมตร จะพบสนสองใบและสนสามใบขึ้นปะปนกับป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ พบอยู่ตามพื้นที่หุบเขาหรือริมห้วย ป่าดิบแล้งพบขึ้นอยู่ตามร่องห้วยและหุบเขาที่ขึ้นอยู่ตลอดปี ป่าสนเขาพบตามสันเขาที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 800 เมตรขึ้นไป และป่าดิบเขา ขึ้นปกคลุมพื้นที่ชุ่มชื้นและเย็นตามยอดเขาที่สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1,000 เมตรขึ้นไป (Sri Lanna National Park, 2018) ดัง Figure 1

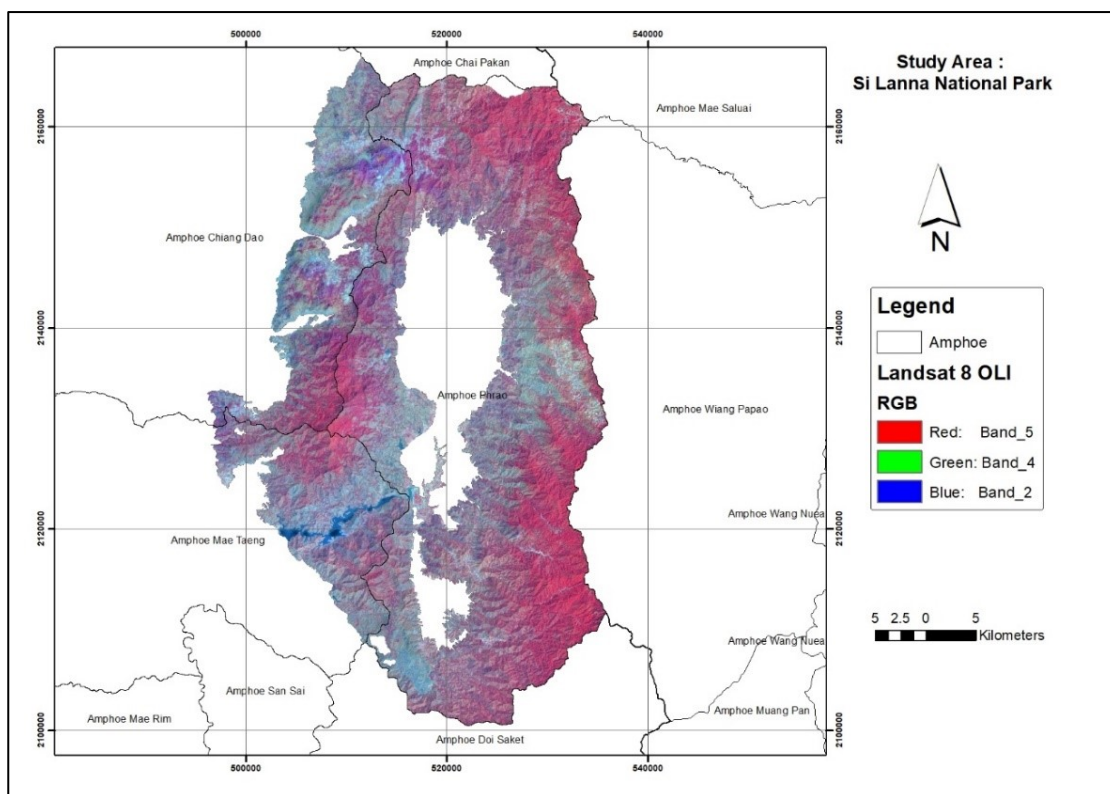


Figure 1 Study area at the Sri Lanna National Park, Chiang Mai province.

อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย 1) คอมพิวเตอร์ 2) โปรแกรมด้านภูมิสารสนเทศ 3) ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI 4) เครื่องระบุตำแหน่งบนโลก (GNSS) และ 5) อากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle)

วิธีการ

การเตรียมข้อมูลดาวเทียม Landsat 8

ใช้ข้อมูลที่ได้จาก Landsat Collection 2 Level-1 หัวข้อ Landsat8-9 OLI/TIRS C2 L1 (United States Geological Survey: USGS) จาก <https://earthexplorer.usgs.gov/> ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีรายละเอียดของการปกคลุมของเมฆในข้อมูลภาพน้อยกว่าร้อยละ 5 ใน Path ที่ 131 และ Row ที่ 046 และ 047 โดยครอบคลุมบริเวณขอบเขตทั้งหมดของอุทยานแห่งชาติศรีลานนา และนำมาปรับแก้เชิงคลิน Radiometric โดยใช้สมการ Reflectance เพื่อทำการปรับค่าให้พร้อมกับการดำเนินการในขั้นถัดไป โดยเป็นการแปลงค่า Reflectance ของดาวเทียม Landsat 8 ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์และประมวลผลในหลาย ๆ งานวิจัยและประยุกต์ใช้ในงานทางด้านการสำรวจโดยเฉพาะการประมวลผลด้านการ

จำแนกประเภทพื้นที่ (classification) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ต้องใช้ค่า Reflectance ในการทำงาน เนื่องจากค่า Reflectance สามารถแสดงถึงลักษณะและสมบัติของพื้นที่บนพื้นผิวโดยอิงค่าความสว่างจากแหล่งแสงที่เป็นแหล่งอ้างอิง (extra-terrestrial solar irradiation: ESUN) โดยค่า Reflectance มีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ซึ่งค่าที่เข้าใกล้ 1 จะแสดงถึงพื้นที่ที่มีการสะท้อนแสงสูง ส่วนค่าที่เข้าใกล้ 0 จะแสดงถึงพื้นที่ที่มีการดูดซับแสงมาก ทั้งนี้การแปลงค่า Reflectance ทำให้สามารถเข้าใจและนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการจำแนกประเภทพื้นที่ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น โดยการใช้ค่า Reflectance แทนค่าความสว่าง (radiance) หรือค่าการสะท้อนของค่า (DN) ช่วยลดผลกระทบจากองค์ประกอบทางด้านอากาศโดยเฉพาะองค์ประกอบที่มีสีของพื้นผิวแตกต่างกัน เช่น อากาศสกปรก หมอกควัน เป็นต้น ซึ่งการใช้ค่า Reflectance จะช่วยลดองค์ประกอบเหล่านี้ให้มีผลกระทบน้อยลงกับการประมวลผล Classification ดังสมการ (1) และ (2)

$$\rho\lambda = Mp \cdot Q_{cal} + A_p \quad (1)$$

เมื่อ $\rho\lambda$ คือ ค่าการสะท้อน

Mp คือ ค่า Reflectance Multi Band จากข้อมูลอธิบายข้อมูล 0.00002

ρ คือ ค่า Reflectance Add Band จากข้อมูลอธิบาย ข้อมูล -0.1

Q_{cal} คือ ค่าดิจิทัลเชิงเลขของแต่ละจุดภาพ

$$\rho\lambda = \rho\lambda' \cos(\theta_{SZ}) = \rho\lambda' \cos(\theta_{SE}) \quad (2)$$

เมื่อ $\rho\lambda$ คือ ค่าการสะท้อนรังสี (TOA Planetary Reflectance)

θ_{SE} คือ ค่ามุมของความสูงดวงอาทิตย์ จากข้อมูล Metadata (SUN_ELEVATION)

θ_{SZ} คือ $90^\circ - \theta_{SE}$

Source: U.S. Department of the Interior (2016)

การศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 8 OLI โดย ดาวเทียม Landsat 8 OLI สามารถบันทึกข้อมูลในช่วง

ความยาวคลื่น ได้หลากหลาย ได้แก่ ช่วงคลื่น Coastal aerosol (0.43–0.45 μm) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45–0.51 μm) ช่วงคลื่นสีเขียว (0.53–0.59 μm) ช่วงคลื่นสีแดง (0.64–0.67 μm) อินฟราเรดใกล้ (0.85–0.88 μm) และอินฟราเรดคลื่นสั้น 1 และ 2 (1.57–1.65 และ 2.11–2.29 μm) มีความละเอียดของจุดภาพที่ (Pixel) 30 เมตร ในช่วงคลื่น Panchromatic (0.50–0.68 μm) ความละเอียดจุดภาพที่ 15 เมตร และในช่วงคลื่น อินฟราเรดความร้อน (Thermal IR) TIRS 1 และ TIRS 2 (10.60–11.19 และ 11.5–12.51 μm) ความละเอียดจุดภาพที่ 100 เมตร ดัง Table 1 สำหรับข้อมูล Landsat 8 OLI ที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็นข้อมูลดาวเทียมตั้งแต่ปี 2556-2565 ช่วงเวลา 10 ปี จำนวน 20 ภาพ รายละเอียดดัง Table 2

Table 1 The various bands in Landsat 8 OLI and TIRS and their uses.

Band	Wavelength (micrometers)	Useful for mapping
Band 1 - coastal aerosol	0.43-0.45	coastal and aerosol studies
Band 2 - blue	0.45-0.51	Bathymetric mapping, distinguishing soil from vegetation and deciduous from coniferous vegetation
Band 3 - green	0.53-0.59	Emphasizes peak vegetation, which is useful for assessing plant vigor
Band 4 -red	0.64-0.67	Discriminates vegetation slopes
Band 5 - Near Infrared (NIR)	085.-0.88	Emphasizes biomass content and shorelines
Band 6 - Short-wave Infrared (SWIR) 1	1.57-1.65	Discriminates moisture content of soil and vegetation; penetrates thin clouds
Band 7 - Short-wave Infrared (SWIR) 2	2.11-2.29	Improved moisture content of soil and vegetation and thin cloud penetration
Band 8 - Panchromatic	0.50-0.68	15 meter resolution, sharper image definition
Band 9 - Cirrus	1.36 -1.38	Improved detection of cirrus cloud contamination
Band 10 - TIRS 1	10.60 - 11.19	100 meter resolution, thermal mapping and estimated soil moisture
Band 11 -TIRS 2	11.5-12.51	100 meter resolution, Improved thermal mapping and estimated soil moisture

Source: USGS Science for a Changing World (2016)

Table 2 The list of satellite data for when the satellite was above the study area.

Satellite	Path	Row	Date
Landsat 8 OLI	131	46	March 27, 2013
Landsat 8 OLI	131	47	March 27, 2013
Landsat 8 OLI	131	46	April 5, 2014
Landsat 8 OLI	131	47	April 5, 2014
Landsat 8 OLI	131	46	March 7, 2015
Landsat 8 OLI	131	47	March 7, 2015
Landsat 8 OLI	131	46	March 9, 2016
Landsat 8 OLI	131	47	March 9, 2016
Landsat 8 OLI	131	46	March 12, 2017
Landsat 8 OLI	131	47	March 12, 2017
Landsat 8 OLI	131	46	March 15, 2018
Landsat 8 OLI	131	47	March 15, 2018
Landsat 8 OLI	131	46	March 2, 2019
Landsat 8 OLI	131	47	March 2, 2019
Landsat 8 OLI	131	46	February 17, 2020
Landsat 8 OLI	131	47	February 17, 2020
Landsat 8 OLI	131	46	February 3, 2021
Landsat 8 OLI	131	47	February 3, 2021
Landsat 8 OLI	131	46	March 26, 2022
Landsat 8 OLI	131	47	March 26, 2022

การวิเคราะห์ข้อมูล

การนำข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการปรับแก้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมในเชิงรังสี (radiometric correction) เพื่อให้มีความถูกต้องแม่นยำกับความเป็นจริง โดยไม่มีการปรับแก้ข้อมูลทางเรขาคณิต (geometric correction) โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนวิธีการของกระบวนการทั้งหมดตาม Figure 2 ดังนี้

1. **ปรับแก้ข้อมูลภาพจากดาวเทียมในเชิงรังสี** เป็นการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงรังสี ซึ่งใช้วิธีการแปลงข้อมูลค่าเลขหลัก (digital number: DN) ของข้อมูลภาพจากดาวเทียมให้เป็นค่าการสะท้อนจริงจากพื้นผิวโลก (reflectance) ดังสมการ (1) และ (2)

2. การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ (vegetation index)

ดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มอลไลซ์ (normalized difference vegetation index: NDVI)

เป็นการทำสัดส่วนระหว่างช่วงคลื่น 2 ช่วงคลื่นที่ปรับให้มีลักษณะเป็นการกระจายปกติ คือ นำช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้มาลบด้วยช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง แล้วหารด้วยผลบวกของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้และช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงการคำนวณดัชนีพืชพรรณ ซึ่งโดยปกติจะให้ค่าอยู่ระหว่าง -1 และ 1 (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), 2009) ดังสูตรต่อไปนี้

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$$

โดยที่ NDVI = ดัชนีพืชพรรณผลต่างนอร์มอลไลซ์

NIR = ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Landsat 8 OLI Band 5)

RED = ช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดง (Landsat 8 OLI Band 4)

3. **วิธีการรวมแบนด์ของภาพถ่ายดาวเทียม (layer stacking)** ซึ่งเป็นการรวมแบนด์ (band) ของภาพถ่ายดาวเทียม โดยให้รวม (band) ใน Band list ที่ 1-7 และ 9 รวมถึงข้อมูล NDVI ที่มีการทำการคำนวณขึ้นมาใหม่

4. **ตัดข้อมูลภาพ Landsat 8 OLI ให้อยู่ในขอบเขตที่ต้องการ** คือ บริเวณพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่

5. **ทำการกระบวนกรจำแนกข้อมูลภาพ (classification)** ใช้เทคนิคการแปลด้วยการใช้วิธี Computer based classification ใช้เทคนิคการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification) ด้วยวิธีแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (maximum likelihood classifier) โดยเป็นขั้นตอนในการกำหนดพื้นที่ตัวแทน (training area) เพื่อนำมาใช้จัดทำค่า Signature ของแต่ละชั้นข้อมูลในขั้นตอนนี้ กำหนดชนิดหรือประเภท (class) ทั้งหมดเป็น 3 Class คือ พื้นที่ป่า แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่น ๆ

6. **ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic information system: GIS)** เพื่อดึงข้อมูลเฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้คือ Raster to vector ทำการแปลงข้อมูลภาพ Raster จากผลการแปลข้อมูลด้วย Computer based classification เป็นข้อมูล Vector ในรูปแบบ Polygon จากนั้น ทำการเลือกข้อมูลที่น่าสนใจ คือพื้นที่ป่าโดยใช้คำสั่ง Select by attributes และทำการปรับข้อมูลข้อมูล Vector ให้มีความเรียบร้อยโดยใช้คำสั่ง Smooth polygon

7. หลังจากได้ข้อมูลพื้นที่ป่าในขั้นต้นมาแล้วให้**เทคนิควิธีการแปลภาพด้วยสายตา (Visual interpretation)** เพื่อให้เกิดความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยข้อมูล Landsat 8 OLI ที่ใช้จะทำการเน้นคุณภาพข้อมูล (Image enhancement) เพื่อให้ข้อมูลมีความคมชัดมากยิ่งขึ้นกว่าข้อมูลเดิมซึ่งข้อมูลเดิมที่แสดงผลจะเป็นการแสดงผลในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (RGB) คือในช่วง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือใน Band ที่ 4 3 และ 2 ตามลำดับ โดยจะทำการปรับช่วงคลื่นให้สอดคล้องกับการแปลภาพด้วยสายตา ด้วยวิธีการผสมภาพสีเท็จ (false color composite: FCC) ซึ่งในขั้นตอนนี้ใช้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้สีเขียว และสีน้ำเงิน หรือ Band ที่ 5 3 และ 2 ตามลำดับ และใช้เทคนิคการเน้นคุณภาพข้อมูลแบบ Histogram equalization

จากนั้นทำการแปลข้อมูลภาพด้วยสายตาจาก องค์ประกอบในการแปลและตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา ดังนี้ 1) สีและระดับความเข้มของสี (color tone and brightness) 2) รูปร่าง (shape) 3) ขนาด (size) 4) รูปแบบ (pattern) 5) ความหยาบละเอียดของเนื้อภาพ (texture) 6) ความสัมพันธ์กับตำแหน่งและสิ่งแวดล้อม (location and association) 7) การเกิดเงา (shadow) 8) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (temporal change) และ 9) ระดับสี (tone)

นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้ว สิ่งที่จะช่วยในการแปลความได้ถูกต้องมากขึ้นได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศและการเลือกภาพในช่วงเวลาที่เหมาะสม โดยหลักการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา ควรดำเนินการแปลและตีความ จากสิ่งที่เห็นได้ง่าย ชัดเจนและคุ้นเคยเสียก่อนแล้วจึงพยายามวินิจฉัยในสิ่งที่จำแนกได้ยาก ไม่ชัดเจน ในภายหลัง หรือเริ่มจากระดับหยาบ ๆ ก่อนแล้วจึงแปลในรายละเอียดทีหลัง (Rungruang, 2013)

8. **การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลข้อมูลภาพ** โดยกำหนดจำนวนจุดที่ใช้ในการตรวจสอบไม่น้อยกว่า 500 จุด รอบพื้นที่บริเวณอุทยานแห่งชาติศรีลานนา ดัง Figure 3 ด้วยวิธี คือ การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ด้วยตาราง Error matrix หรือ Confusion matrix ใช้วิเคราะห์ หาค่าแสดงความถูกต้องได้ ดังนี้ 1) ความถูกต้องของผู้ผลิต (producer's accuracy) 2) ความถูกต้องของผู้ใช้ (user's accuracy) 3) ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และ 4) ค่าสถิติแคปป่า (Kappa statistics)

ทั้งนี้ค่าสถิติแคปป่า เป็นการแสดงความถูกต้องโดยรวม มีการพิจารณาลักษณะของความผิดพลาดที่เกิดขึ้นใน Error matrix ด้วย การใช้สถิติแคปป่าเป็นการประเมินความถูกต้องที่ถือว่ามีการพิจารณาทั้งความสอดคล้องกันระหว่างข้อมูลตรวจสอบกับข้อมูลอ้างอิงที่เป็นไปตามโอกาส (chance agreement) และที่เป็นไปตามจริง (actual agreement) มักวิเคราะห์เพื่อแสดงควบคู่ไปกับค่าความถูกต้องโดยรวม โดยหากค่าทั้งสองมีค่าที่ใกล้เคียงกันไปในทิศทางสูงก็ถือว่าผลการจำแนกข้อมูลนั้นดีกล่าวคือ การที่ความถูกต้องโดยรวมมีค่า (%) ที่สูง ไม่ได้หมายความว่าผลการ จำแนกครั้งนั้นดีหากค่าสถิติแคปป่ามีค่าที่ต่ำ เพราะนั่นแสดงว่าความถูกต้องที่สูงเป็นไปโดยบังเอิญ หากพิจารณาในตารางแจกแจงความ

ผิดพลาดก็จะพบว่ามีค่าที่ไม่อยู่ในแนวทแยงบนซ้าย-ล่างขวา
กระจายอยู่มาก แสดงว่าการจำแนกมีลักษณะผันผวนน้อย
(Chuchip, 2018)

การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ใช้สมการดังต่อไปนี้

ผลรวมตามแนวบรรทัด

$$n_{i+} = \sum_{j=1}^k n_{ij} \quad (3)$$

ผลรวมตามแนวสดมภ์

$$n_{+j} = \sum_{i=1}^k n_{ij} \quad (4)$$

ความถูกต้องของผู้ผลิต

$$\text{Producer's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{i+}} \quad (5)$$

ความถูกต้องของผู้ใช้

$$\text{User's accuracy} = \frac{n_{ii}}{n_{+j}} \quad (6)$$

โดยที่ i, j แทนดัชนีชั้นข้อมูลในแถวและคอลัมน์
ตามลำดับ

k แทนจำนวนชั้นข้อมูลทั้งหมด

n_{ij} แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่ i
โดยข้อมูลอ้างอิงชั้นข้อมูลที่ j

n_{ii} แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกตรงกับข้อมูล
อ้างอิงที่ i

n_{i+} แทนจำนวนจุดภาพที่ถูกจำแนกเป็นชั้นข้อมูลที่ i
ทั้งหมด

n_{+j} แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดของข้อมูลอ้างอิงใน
ชนิดชั้นข้อมูลที่ j .

n แทนจำนวนจุดภาพทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณ

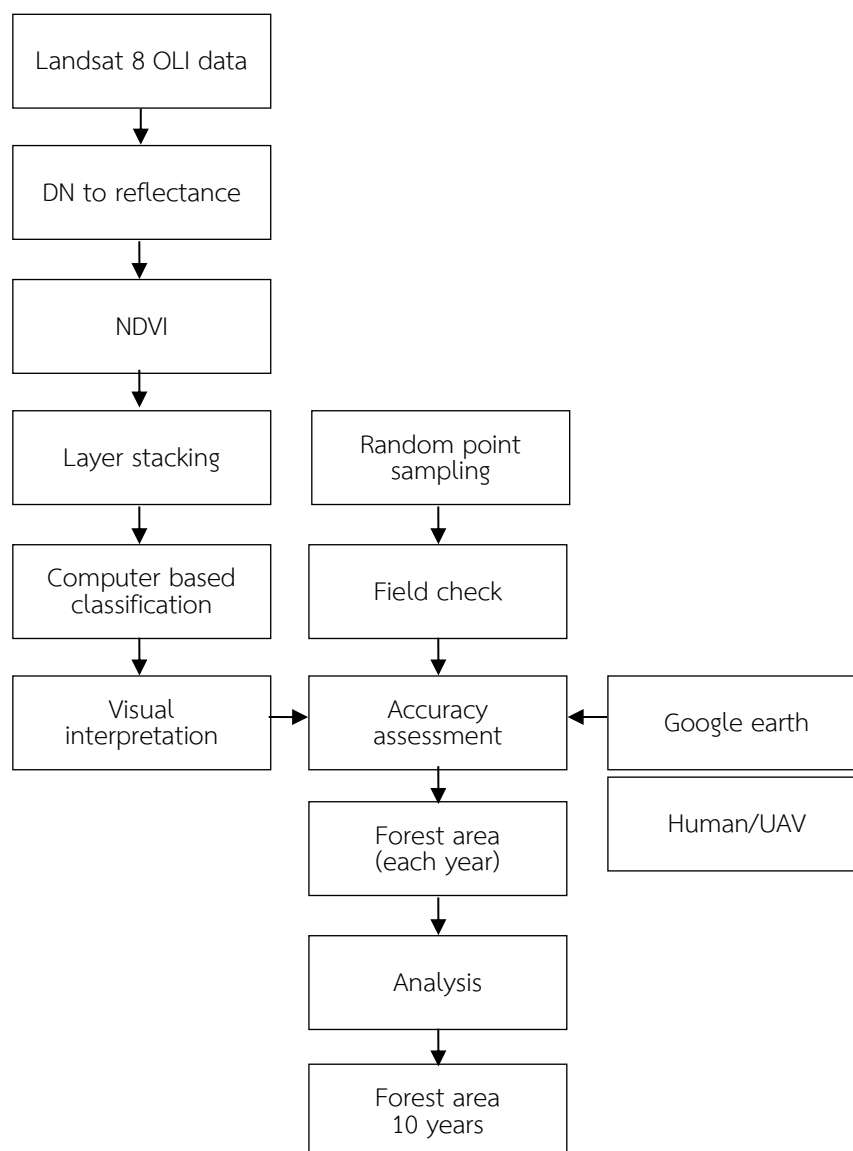


Figure 2 Flowchart of the data analysis.

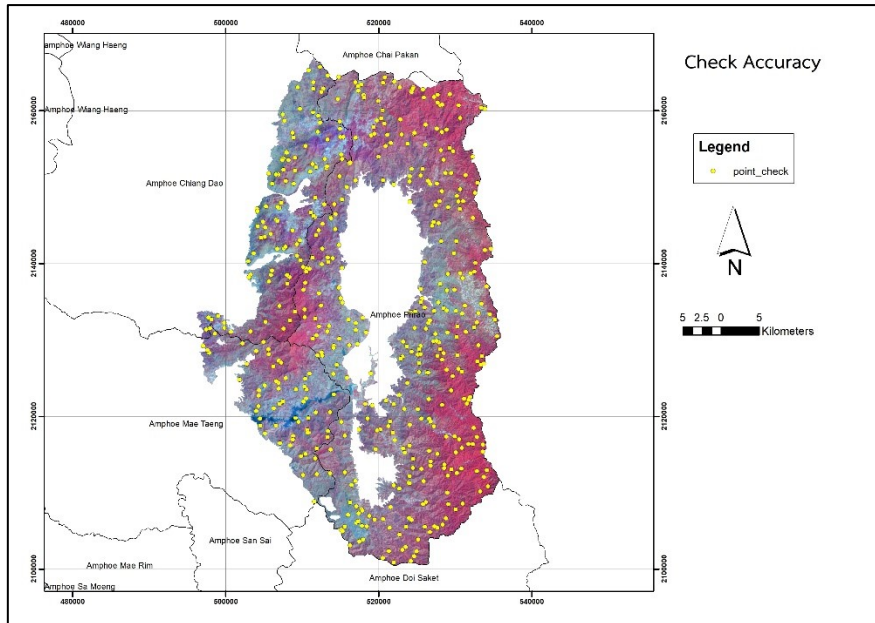


Figure 3 Map for the check accuracy.

ผลและวิจารณ์

ผลการแปลตีความข้อมูล

ผลจากการแปลข้อมูลภาพ พบว่าในช่วงเวลา 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556-2565 สภาพพื้นที่ป่าของอุทยานแห่งชาติ ศรีลานมีการลดลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงปี พ.ศ. 2556-2557 โดยพบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงมากที่สุดถึง 4,439 ไร่ ส่วนในช่วงปี พ.ศ. 2564-2565 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงน้อยที่สุด เพียง 153 ไร่ ดัง Table 3 และยังพบว่าการลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถสังเกตแนวโน้มของการลดลงของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดัง Figure 4

ทั้งนี้จากข้อมูลในช่วงปี พ.ศ. 2556-2563 ไม่สามารถการตรวจสอบความถูกต้องในพื้นที่จริงได้ จึงได้ทำการตรวจสอบความถูกต้องผ่านการใช้โปรแกรม Google earth ซึ่งการตรวจสอบข้อมูลไม่สามารถทำได้ตรงตามเวลาที่ถูกต้องทุกปี เช่น ในปี พ.ศ. 2556 และปี พ.ศ. 2557 ในโปรแกรม Google earth ไม่มีช่วงเวลานี้อยู่ จึงได้ใช้ช่วงเวลาใกล้เคียงที่สุดในการตรวจสอบความถูกต้องของทั้งสองปี ดังกล่าว โดยใช้ข้อมูลของปี พ.ศ. 2555 และปี พ.ศ. 2558 แทนตามลำดับ ส่วนข้อมูลของปี พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2559 พ.ศ. 2560 พ.ศ. 2561 พ.ศ. 2562 และ พ.ศ. 2563 สามารถใช้ข้อมูลจากโปรแกรม Google earth ดังตัวอย่าง ข้อมูลภาพปีจากโปรแกรม Google earth 2558 (Figure 5) ในการสุ่มตรวจสอบความถูกต้องได้

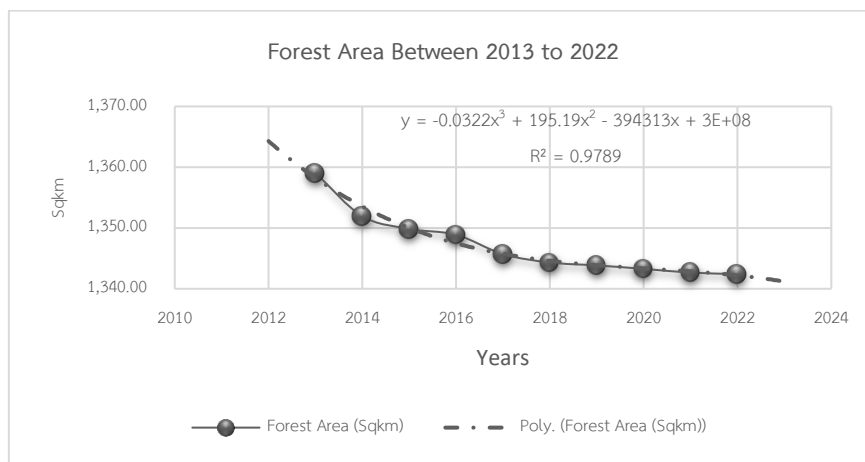


Figure 4 Estimated forested area between 2013-2022 (พ.ศ. 2556-2565).

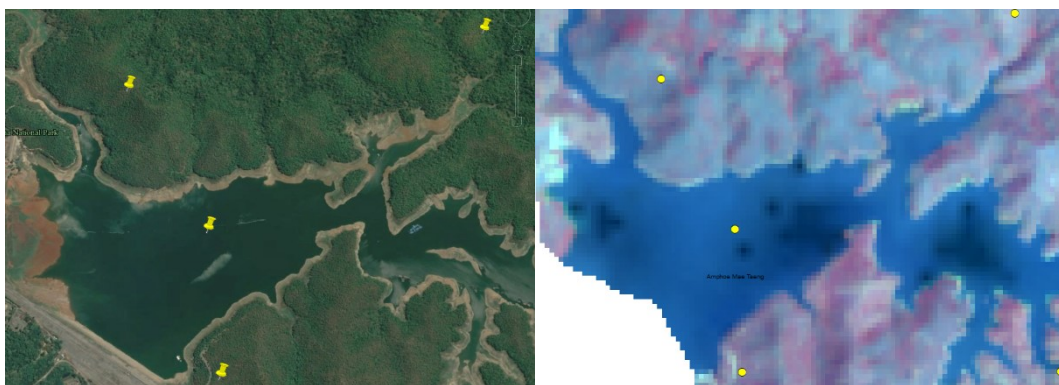


Figure 5 Example data obtained from google earth for the year 2015 compared with the Landsat 8 OLI data.

ส่วนข้อมูลในปี พ.ศ. 2564–2565 ตรวจสอบความถูกต้องในพื้นที่จริงโดยใช้เจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจสอบในกรณีที่สามารถเข้าถึงในพื้นที่ได้ แต่หากในพื้นที่เจ้าหน้าที่ไม่สามารถ

เข้าถึงได้โดยง่ายจะให้ UAV (unmanned aerial vehicle) บินเข้าไปตรวจสอบความถูกต้องแทน

Table 3 Forested area from 2013 to 2022.

Years	Forest area (km ²)	Forest area (Rai)	Difference (Rai)
2013	1,359.05	849,404.45	-
2014	1,351.94	844,965.40	4,439
2015	1,349.85	843,657.15	1,308
2016	1,348.88	843,051.83	605
2017	1,345.70	841,063.77	1,988
2018	1,344.32	840,200.71	863
2019	1,343.85	839,903.68	297
2020	1,343.28	839,550.60	353
2021	1,342.66	839,164.33	386
2022	1,342.42	839,011.02	153

ทั้งนี้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ทำการหาค่าสัมประสิทธิ์ที่จะทำการบ่งชี้ข้อมูลในแต่ละประเภททั้งหมดว่ามีความเข้ากันได้หรือมีความถูกต้องจากการจำแนกในงานสำรวจระยะไกลและข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงที่บ่งชี้ค่าหลักในแนวทแยงและการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดในแถวและคอลัมน์ ซึ่งจะเป็นไปตามสมการ (7) คือ

$$KHAT = \frac{|N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}|}{N^2 - \sum_{i=1}^r x_{i+} \times x_{+i}} \quad (7)$$

โดยที่ r = จำนวนแถว

N = จำนวนทั้งหมดที่ทำการจำแนก

x_{ii} = จำนวนค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

x_{+i}, x_{i+} = จำนวนเศษค่าจุดภาพในแต่ละแถว i และคอลัมน์ i ของการจำแนกแต่ละประเภท

การประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment) ของการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 8 OLI ด้วย Error matrix หรือ Confusion matrix ทั้ง ปี 10 มีผลความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และ ค่าสถิติแคปปา (Kappa statistics) ดัง Table 4 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่าการประเมินความถูกต้องโดยรวมโดยเฉลี่ยในทุกปี ตลอดทั้ง 10 ปี ไม่น้อยกว่าร้อยละ 85

Table 4 Yearly accuracy assessment of the classification.

Year	Overall Accuracy (%)	Kappa Statistic (%)
2013	85.80	78.31
2014	85.60	78.00
2015	85.00	77.14
2016	85.20	77.46
2017	85.40	77.74
2018	86.20	78.98
2019	86.00	78.62
2020	85.80	78.36
2021	85.00	77.13
2022	85.40	77.70

วิจารณ์

จากการศึกษาข้างต้นพบว่า การเปลี่ยนแปลงการพื้นที่ป่าในช่วงปี 2557–2565 มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตรกรรม ซึ่งมีความสัมพันธ์สอดคล้องกันกับการเพิ่มขึ้นของประชากรและจำนวนหลังคาเรือนจากการลงทะเบียน ใน อำเภอเชียงดาว อำเภอแม่แตง และ

อำเภอพร้าว Table 5 และ Figure 6 จำนวนประชากรและจำนวนหลังคาเรือนโดยรอบพื้นที่ที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี ส่งผลให้ความต้องการการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตรกรรมเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน และจาก Figure 4 จะสังเกตเห็นว่าแนวโน้มของการลดลงของการสูญเสียพื้นที่ป่าใน 2-3 ปีหลังมีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัด

Table 5 Population and number of houses.

Years	Population	Number of Houses
2013	124,549	51,245
2014	124,440	52,058
2015	126,753	52,786
2016	126,503	53,496
2017	126,623	54,107
2018	127,312	54,810
2019	131,222	55,543
2020	132,701	56,394
2021	133,118	57,269
2022	132,844	58,161

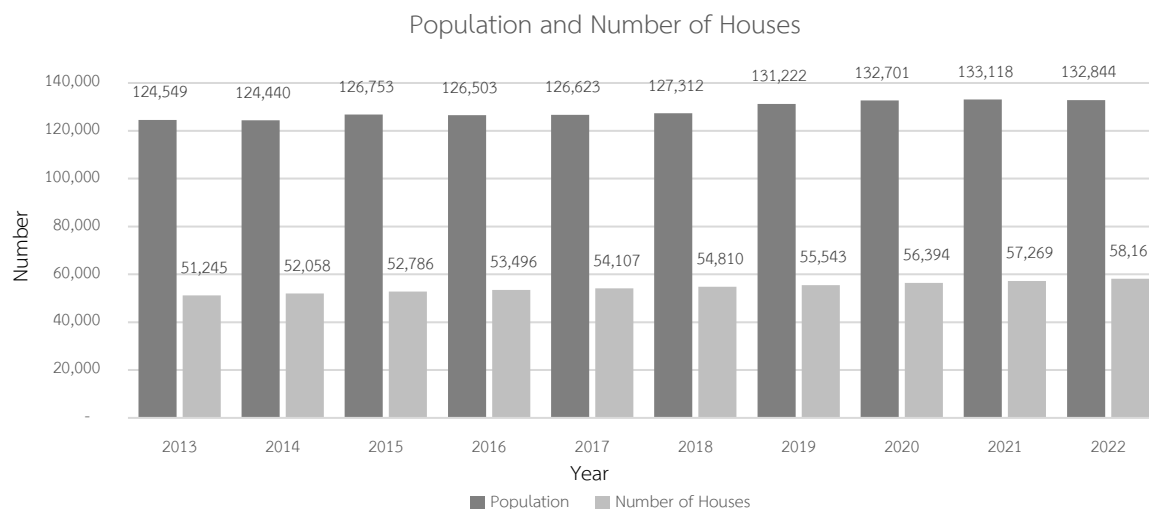


Figure 6 Population and number of houses.

Source: Department of Provincial Administration (2022).

สรุป

จากผลการแปลตีความข้อมูลพบว่าแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่ายังคงลดลงอย่างต่อเนื่อง อาจเนื่องมาจาก การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ ได้รับผลกระทบจากความต้องการ ที่ทำกินของประชากรที่อาศัยในบริเวณโดยรอบ โดยเฉพาะ กิจกรรมทางด้านเกษตรกรรม แต่ผลของการศึกษาในช่วงปี พ.ศ. 2561–2565 พบว่ามีแนวโน้มการลดลงของพื้นที่ป่าที่ น้อยลงอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งต่างจากช่วง 6–7 ปีแรกที่ผ่านมา ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากในช่วงปี พ.ศ. 2561 เป็นต้นมา อุทยาน แห่งชาติศรีลำนนา ได้มีการจัดทำนโยบายและแผนปฏิบัติการ ของหน่วยงาน โดยนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการจัดการพื้นที่ มากขึ้น มีการใช้ข้อมูลจากดาวเทียมในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อ ประโยชน์ในงานด้านต่าง ๆ เช่น นำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการ ติดตามจุดความร้อน (hot spot) ใช้ในการติดตามการบุกรุก พื้นที่ป่าไม้ การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าและการใช้ ประโยชน์ที่ดินภายในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เพื่อประโยชน์ใน การประเมินพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุก ป่าเสื่อมโทรม พื้นที่ป่าไม้ที่ถูก ไฟไหม้และหมอกควันพิษจากไฟป่า จัดแผนการดำเนินงานใน หน่วยงานเพื่อจัดหน่วยเฝ้าระวังในเขตพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุก รวมถึงรวบรวมข้อมูลพื้นที่ที่ยังคงสภาพป่า ชนิดป่า และนำวางแผนการจัดการพื้นที่ป่าอนุรักษ์ให้มีความยั่งยืนดังตามแผนการ ปฏิบัติงานของอุทยานแห่งชาติศรีลำนนา ปี 2562–2566 ดังนี้

- 1) เพื่อเปลี่ยนสภาพป่าที่ถูกบุกรุกทำลายให้กลับคืนสู่สภาพ

ธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ปกป้องรักษาสภาพธรรมชาติ และ ดำรงความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่ 2) เพื่อให้ ทรัพยากรธรรมชาติในเขตอุทยานฯ ได้รับการปกป้องให้มีความ อุดมสมบูรณ์คงอยู่ได้ตลอดไปอย่างยั่งยืน 3) เพื่อเพิ่มศักยภาพ ในด้านการป้องกันอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ในอุทยานแห่งชาติ 4) เพื่อสร้างแนวร่วมของชุมชนในท้องถิ่นให้ เข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติในอุทยาน แห่งชาติศรีลำนนา และ 5) เพื่อสร้างกลไก และเสริมสร้างความ แข็งแกร่งในการประสานงานและร่วมดำเนินงานสื่อสารมวลชน ในการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ระหว่างอุทยาน- แห่งชาติ หน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน องค์กร- ปกครองท้องถิ่น สถาบันการศึกษา และประชาชน

REFERENCES

- Chuchip, K. 2018. **Accuracy Assessment: Remote Sensing Technical**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of Provincial Administration. 2022. **Population Statistical Data Structure**. https://stat.bora.dopa.go.th/new_stat/webPage/statByYear.php, 1 March 2023.
- Frankin, S.E. 2001. **Remote Sensing for Sustainable Forest Management**. Boca Raton London, New York, USA.

- USGS Science for a Changing World. 2016. **Landsat 8 OLI and TIRS and Their Uses.** <https://www.usgs.gov/media/images/landsat-8-oli-and-tirs-and-their-uses>, 1 March 2023.
- Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization). 2009. **Space Technology and GEO-Informatics.** Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization), Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Office of the Auditor General of Thailand. 2010. **Investigation of Conservation, Reforestation and Protection of Forest Resources of Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.** Office of the Auditor General of Thailand, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Office of the Secretary of the National Strategy Committee. 2018. **National Strategy 2018 – 2037.** Office of the National Economics and Social Development Council, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Planning and Information Office. 2021. **Government Action Plan 2022 Office Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Pongtong, P., Wongsawilas, T. 2015. The natural resources and environmental management: forest resources and biodiversity. **The National Defence College of Thailand Journal**, 57(2): 19-30. (in Thai)
- Rungruang, K. 2013. **The Management of Geography Instruction.** Suweeriyasarn, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Si Lanna National Park. 2018. **Management Plan Sri Lanna National Park 2019-2023.** Sri Lanna National Park, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- U.S. Department of the Interior. 2016. **Using the USGS Landsat Level-1 Data Product.** <https://www.usgs.gov/landsat-missions/using-usgs-landsat-level-1-data-product>, 1 March 2023.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การแทรกค่าเชิงพื้นที่ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

Spatial Interpolation of Regional Rainfall Data of Thailand Using Different Methods

อุษาวรรณ อุปโคตร¹Usawan Upakhot¹ชัชชัย ตันตสิรินทร์^{2*}Chatchai Tantasirin^{2*}¹บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

The Graduate School, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

²คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900, Thailand

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

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

รับต้นฉบับ 9 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 3 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 10 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

Distributed areal rainfall is important data for hydrological modeling. Spatial interpolation is used to predict the values of a continuous variable at unmeasured points. This study compared the distribution and prediction error in the spatial interpolation maps of rainfall derived from different methods. Inverse Distance Weighted (IDW) using a power (p) equal to 2 and 3, and number of neighbor point (n) equal to 15, 30, and 50 points point and Kriging Ordinary (KrigOrd) with Circular, Exponential, Gaussian, Linear, and Spherical model were used and their predictions compared. Cohen's kappa coefficient and mean absolute error were used to compare distribution and error in spatial interpolation, respectively. The results indicated that the distribution and parameters obtained from different spatial interpolation methods were in good agreement as indicated by k values (0.9202 to 0.9999) but results of IDW predicted a gradual change, while that from KrigOrd had localized features and abrupt change. The lowest spatial interpolation error from measurements in the north, northeast, central, east and south (east coast) parts was obtained for IDW with p of 2 with differing number of neighbors equal to 15, 15, 50, 50, and 15 points respectively, while that for the south (west coast) was obtained using the KrigOrd with a linear setup. Mean absolute error (MAE) for each method was 133.88 132.49 114.83 184.01 181.54, and 142.52 millimeters or 11.30, 10.25, 10.58, 11.76, 10.90, and 5.44 percent of the mean annual rainfall, respectively.

Keywords: Areal rainfall; Interpolation method; Mean annual rainfall; Spatial interpolation

บทคัดย่อ

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนแบบกระจายทั้งพื้นที่ที่มีความสำคัญต่อการใช้ในแบบจำลองทางอุทกวิทยา ซึ่งต้องทำการแทรกค่าเชิงพื้นที่เพื่อประมาณค่าของตำแหน่งที่ไม่ได้ตรวจวัด การศึกษานี้เปรียบเทียบการกระจายและความคลาดเคลื่อนเชิงพื้นที่ที่เกิดจากวิธีการแทรกค่าที่ต่างกัน 2 วิธี คือ 1) Inverse Distance Weighted (IDW) ที่กำหนดค่ายกกำลัง (power, p) เท่ากับ 2 และ 3 จำนวนจุดข้างเคียง (number of neighbor point, n) เท่ากับ 15 30 และ 50 จุด 2) Kriging Ordinary (KrigOrd) ที่ใช้แบบจำลอง Circular, Exponential, Gaussian, Linear และ Spherical และเปรียบเทียบการกระจายเชิงพื้นที่ด้วยค่า Cohen's kappa coefficient (k) และความคลาดเคลื่อนด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error) ผลการศึกษาพบว่า การกระจายเชิงพื้นที่ของข้อมูลแต่ละภูมิภาคที่เกิดจากวิธีการและพารามิเตอร์ที่แตกต่างกันมีความตรงกันในระดับเกือบทั้งหมด (ค่า k ระหว่าง 0.9202 – 0.9999) แต่ผลที่ได้จากวิธี IDW มีความผันแปรเชิงพื้นที่แบบที่เล็กลง ส่วนวิธี KrigOrd เป็นแบบที่ขึ้นกับพื้นที่ วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันออก คือวิธี IDW ที่กำหนดค่า p เท่ากับ 2 แต่ค่า n แตกต่างกัน คือ 15 15 50 50 และ 15 จุด ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันตกคือวิธี KrigOrd ที่ใช้แบบจำลอง Linear ค่า MAE จากแต่ละวิธีเท่ากับ 133.88 132.49 114.83 184.01 181.54 และ 142.52 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11.30 10.25 10.58 11.76 10.90 และ 5.44 ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่ วิธีการแทรกค่า ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย การแทรกค่าเชิงพื้นที่

คำนำ

ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญต่อการคาดการณ์ปริมาณน้ำท่าด้วยแบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนการจัดการลุ่มน้ำและทรัพยากรน้ำให้ตอบสนองต่อความต้องการด้านอุปโภค บริโภคและเกษตรกรรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น การใช้แบบจำลองนิยมใช้ข้อมูลแบบกระจายทั้งพื้นที่ (spatial distributed) แต่ข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งเครื่องมือที่สถานีตรวจวัดไม่สามารถดำเนินการได้ทุกตำแหน่งครอบคลุมทั้งพื้นที่ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องนำวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) มาใช้ประมาณค่าบริเวณที่ไม่ได้ตรวจวัดเพื่อทำให้เป็นข้อมูลที่มีการกระจายทั้งพื้นที่

วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่นิยมนำมาใช้มีหลายวิธี โดยงานวิจัยที่ผ่านมาศึกษาเปรียบเทียบผลของวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ต่อความคลาดเคลื่อนของปริมาณน้ำฝนเฉพาะในพื้นที่ที่มีลักษณะภูมิประเทศเดียวกันเท่านั้น โดย Eiamprasert (2011) ศึกษาบริเวณพื้นที่ที่เป็นที่ราบเขตเมือง Piazza *et al.* (2011) ศึกษาบริเวณที่ราบชายฝั่ง และ Kumari *et al.* (2016) ศึกษาบริเวณที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อน โดยงานวิจัยทั้ง 3 ได้ผลสอดคล้องกันคือ Kriging เป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในขณะที่ Rattanaburee (2014) ซึ่งศึกษาบริเวณที่เป็นภูเขาสลับซับซ้อนของลุ่มน้ำปิงตอนบนพบว่า Thin Plate Spline

เป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ส่วน Yang *et al.* (2015) ศึกษาบริเวณพื้นที่ราบเขตเมือง พบว่า Inverse Distance Weighted (IDW) เป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากตัวอย่างผลการศึกษาที่กล่าวมาพบว่า วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดเป็นกรณีละวิธีกัน ดังนั้นจึงยังไม่สามารถสรุปได้ว่าวิธีใดเป็นวิธีที่เหมาะสม และการศึกษาที่ผ่านมาพิจารณาเพียงค่าความคลาดเคลื่อน ยังไม่มีการพิจารณาการกระจายเชิงพื้นที่และความผันแปรเชิงพื้นที่ร่วมกัน และยังไม่มีการศึกษาเปรียบเทียบกันในระดับภูมิภาคที่มีลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันโดยเฉพาะในประเทศไทย

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความผันแปรและการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนที่เกิดจากวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของผลที่ได้ เพื่อเสนอแนะวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษานี้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลแยกแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยตามการแบ่งของกรมอุตุนิยมวิทยาที่สอดคล้องกับรูปแบบภูมิอากาศ แบ่งเป็น 6 ภูมิภาค ดัง Figure 1 ได้แก่ ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก ใต้ฝั่ง

ตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันตก (Thai Meteorological Department, n.d.) สรุปได้ดังนี้

1. ภาคเหนือ มีลักษณะเป็นเทือกเขาสูง ตั้งอยู่ในเขตละติจูดสูงกว่าภูมิภาคอื่น ๆ จึงมีลักษณะอากาศค่อนข้างเย็น โดยเฉพาะบริเวณแอ่งน่าน แอ่งพะเยาและแอ่งเชียงใหม่ ในช่วงฤดูมรสุมมีฝนตกชุกมากกว่าบริเวณอื่นของภูมิภาค เนื่องจากเป็นพื้นที่หน้าเขาได้รับลมจากแนวเทือกเขาหลวงพระบาง ในขณะที่ตอนกลางของภูมิภาคมีลักษณะภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะ ล้อมรอบด้วยเทือกเขาสูง ทำให้หลายบริเวณเป็นเขตพื้นที่อับฝน

2. ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกค่อนข้างไปตอนบนของประเทศมีลักษณะเป็นเทือกเขา จึงมีอากาศเย็นและอากาศหนาวในบางพื้นที่ตอนบน พื้นที่ตอนกลางมีอากาศหนาวจัดไปจนถึงแห้งแล้ง ตอนล่างมีฝนตกชุกในฤดูมรสุม ได้รับลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดมาจากมหาสมุทรแปซิฟิกผ่านเวียดนาม เทือกเขาอินทิม ประเทศลาวและเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือก่อนภูมิภาคอื่น ๆ

3. ภาคกลาง มีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มมีเทือกเขาปิดล้อมสามด้าน ทางตอนเหนือ ตะวันออกและตะวันตก ทำให้ตอนบนของภูมิภาคเกิดการปิดล้อมด้านภูมิอากาศ ฝนตกในปริมาณน้อย แต่ทางด้านทิศใต้ในบริเวณภาคกลางตอนล่างที่ตั้งอยู่ติดกับอ่าวไทยได้รับอิทธิพลมรสุม ทำให้มีฝนตกชุก

4. ภาคตะวันออก ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรจึงมีลักษณะภูมิอากาศร้อนชื้น มีลักษณะภูมิประเทศที่หลากหลาย ทั้งเทือกเขาสูงและแนวชายฝั่งทะเล มีอากาศเย็นและหมอกหนาบริเวณยอดเขา มีฝนตกชุกทั้งภูมิภาค เนื่องจากอิทธิพลของลมทะเลร่วมกับลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ และยังมีส่วนที่ด้านหน้าเขาที่เป็นที่รับลมของเขามาก ทำให้มีฝนตกหนักในช่วงลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่าน แต่เนื่องด้วยเทือกเขาสูงทางตอนบนของภูมิภาค ที่ราบลุ่มทางตอนกลาง และตะวันตก อีกทั้งที่ราบชายฝั่งทะเลมีผลให้ลักษณะของภาคตะวันออกมีความแตกต่างกัน ทำให้บริเวณที่ราบฉนวนไทยที่อยู่ระหว่างเทือกเขาสันกำแพงและเทือกเขาจันทบุรีซึ่งอยู่ตอนกลางในภูมิภาคกลายเป็นเขตเงาฝน

5. ภาคใต้ ตั้งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตรมากที่สุดในประเทศไทยทำให้ภาคใต้มีฝนตกชุกแม้กระทั่งในฤดูหนาว ประกอบกับการได้รับอิทธิพลมรสุมทั้งตะวันออกเฉียงใต้และ

ตะวันออกเฉียงเหนือ ทางตอนบนของภาคมีทิวเขาตะนาวศรีซึ่งวางตัวในแนวเหนือ-ใต้ต่อเนื่องมาจากภาคเหนือและภาคกลางเป็นแนวกันพรมแดนกับประเทศพม่า ทางตอนล่างของภาคมีทิวเขาภูเก็ตและทิวเขานครศรีธรรมราชวางตัวในแนวเหนือ-ใต้แบ่งภาคนี้ออกเป็นสองส่วน เทือกเขาภูเก็ตซึ่งเป็นเทือกเขาที่ไม่สูงมากนักแต่มีอิทธิพลต่อลักษณะภูมิอากาศในส่วนของเขตเงาฝนส่งผลให้ภาคใต้มีลักษณะภูมิอากาศที่แตกต่างกัน โดย **1) ภาคใต้ฝั่งตะวันออก** ตั้งอยู่ชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ อากาศชื้นตลอดทั้งปี และมีฝนตกหนักในฤดูหนาว และ **2) ภาคใต้ฝั่งตะวันตก** ตั้งอยู่ชายฝั่งทะเลอันดามัน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อากาศชื้นตลอดทั้งปีและมีฝนตกหนักในฤดูร้อน (Chomwinyan, 2017)

ปริมาณฝนรายปีเฉลี่ยทั่วประเทศประมาณ 1,590 มิลลิเมตร โดยแต่ละภูมิภาคมีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 30.2, 32.5, 13.8, 7.1, 12.5 และ 3.9 ของทั้งประเทศ ตามลำดับ และมีปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยประมาณ 1,230, 1,400, 1,300, 1,900, 1,600 และ 2,700 มิลลิเมตร ตามลำดับ (Thai Meteorological Department, n.d.)

การศึกษานี้รวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่ตรวจวัดการตกของฝน เพื่อนำมาวิเคราะห์เป็นข้อมูลรายปีเฉลี่ยของแต่ละสถานีในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย แล้วทำการแทรกค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน และเปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้มีรายละเอียดดังนี้

1. การแทรกค่าและเปรียบเทียบการกระจายเชิงพื้นที่

1.1 รวบรวมแฟ้มข้อมูลเชิงเลข (digital file) ของที่ตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนที่จัดเก็บอยู่ในรูปแบบ shapefile และข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันจากหน่วยงานต่าง ๆ ได้แก่ กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน และกรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช แล้วดำเนินการดังนี้

1) ทำการตรวจสอบและปรับแก้ความถูกต้องของตำแหน่งที่ตั้งสถานี โดยพิจารณาทั้งข้อมูลเชิงพื้นที่ที่เป็นจุด (point) แสดงตำแหน่งและข้อมูลคุณลักษณะ (attribute data) ที่บรรยายตำแหน่งที่ตั้งของสถานี (ได้แก่ ชื่อสถานที่ ตำบล อำเภอ และจังหวัด) ว่าตรงกับที่ในแผนที่ภูมิประเทศเชิงเลขมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหารหรือไม่ หากไม่ตรงกัน จึงนำข้อมูลคุณลักษณะที่อธิบายชื่อเรียกสถานที่ของ

สถานีวัดน้ำฝน เช่น ชื่อโรงเรียน ชื่อที่ทำการอำเภอ ไปค้นหาในโปรแกรม Google Earth และโปรแกรม Google Map เมื่อพบสถานที่แล้วจึงอ่านค่าพิกัดจากโปรแกรมดังกล่าวแล้วนำไปปรับแก้พิกัดของตำแหน่งที่ได้รับมาและตรวจสอบในแผนที่ภูมิประเทศอีกครั้งเพื่อยืนยันความถูกต้อง

2) ทำการจัดเรียงข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันและข้อมูลคุณลักษณะของสถานีวัดน้ำฝน (เนื่องจากแต่ละหน่วยงานจัดเรียงข้อมูลที่มีโครงสร้างไม่ตรงกัน) ให้มีโครงสร้างเป็นฐานข้อมูล (database structure) เดียวกัน คือมีเขตข้อมูล (field) ต่าง ๆ ดังนี้ รหัสสถานี ชื่อสถานี ที่ตั้ง (ตำบล อำเภอ จังหวัด) ปี เดือน วัน และปริมาณน้ำฝนรายวัน โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นเองด้วยภาษา Visual Basic for Application (VBA) จากนั้นสรุปเป็นข้อมูลรายปี ได้แก่ จำนวนวันที่ฝนตก

และปริมาณน้ำฝนรายปีของแต่ละสถานี ด้วยคำสั่ง Pivot Table ของโปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel แล้วตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทุกสถานี โดยพิจารณาจำนวนวันในแต่ละปี (365 หรือ 366 วัน) หากพบว่าปีใดมีจำนวนวันที่มีข้อมูลไม่ครบถ้วนจึงทำการตัดข้อมูลปีนั้นออก แล้วตรวจสอบปริมาณน้ำฝนรายปีว่ามีค่าน้อยหรือมากกว่าค่าเฉลี่ยเกินกว่าปกติหรือไม่ เมื่อพบจึงทำการตรวจสอบข้อมูลรายวันว่ามีความคลาดเคลื่อนจากการบันทึกข้อมูลหรือไม่ เช่น บ่อนข้อมูลรายวันซ้ำกัน พิมพ์ตัวเลขผิด หรือมีตัวเลขศูนย์เกิน ฯลฯ และเปรียบเทียบข้อมูลกับสถานีโดยรอบที่อยู่ใกล้ที่สุดว่าแตกต่างกันมากเกินไปหรือไม่ เมื่อตรวจสอบแล้วจึงเลือกเฉพาะสถานีวัดน้ำฝนที่มีการบันทึกข้อมูลตั้งแต่ 5 ปี ขึ้นไปมาสรุปเป็นข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย (mean annual rainfall)

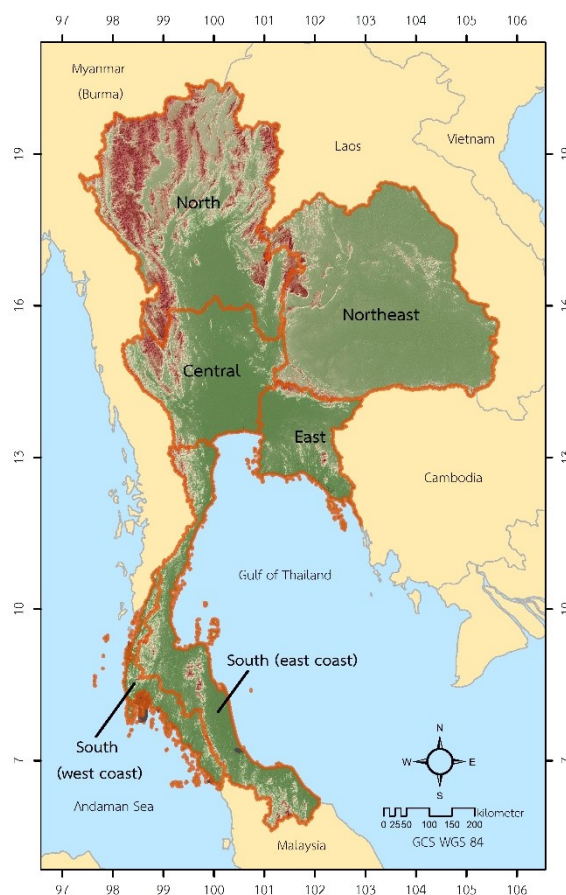


Figure 1 Climatic regions of Thailand based on Thai Meteorological Department.

1.2. เลือกข้อมูลตำแหน่งที่ตั้ง สถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนออกจากข้อมูลทั้งหมดที่มีจำนวน 1,882 สถานีทั่วประเทศ โดยกำหนดระยะห่างแต่ละสถานีที่สุ่มออกแบบกำหนดเงื่อนไขให้ห่างกันประมาณ 50 กิโลเมตร เพื่อให้จุดที่

เลือกมีการกระจายครอบคลุมทั้งพื้นที่ศึกษา จำนวน 3 ชุดข้อมูล (3 ซ้ำ, replication) (ชุดข้อมูล ที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ 193 194 และ 193 สถานี ตามลำดับ หรือคิดเป็นชุดข้อมูลละประมาณร้อยละ 10 ของจำนวนสถานีทั้งหมด) เพื่อนำจุดที่สุ่ม

ออกไปใช้ในการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่ได้จากวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน

1.3. แทรกค่าเชิงพื้นที่ โดยใช้ข้อมูลตำแหน่งที่ตั้งสถานที่เหลือหลังจากสุ่มเลือกจากข้อ 1.2 แล้ว 2 วิธี (เลือกใช้วิธีที่เป็นคำสั่งที่มีอยู่ในโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทั่วไป เช่น ArcGIS หรือ QGIS) คือ

1) Inverse Distance Weighted (IDW) (Donald, 1968) เป็นวิธีการแทรกค่าให้กับจุดที่ไม่ทราบค่าโดยใช้ผลรวมเชิงเส้นของค่าที่ทราบจากจุดโดยรอบ นำมาถ่วงน้ำหนักเป็นส่วนกลับกับระยะทาง โดยจุดที่อยู่ใกล้จะมีอิทธิพลของค่าถ่วงน้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกลออกไป ดังสมการ (1) (Burrough and McDonnell, 1998)

$$\hat{z}(x_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(x_i) \cdot d_{ij}^{-r}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-r}} \quad (1)$$

โดย $\hat{z}(x_0)$ คือ ค่าที่แทรก

$Z(x_i)$ คือ ค่าที่ทราบที่จุด i

d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างจุด

p คือ ค่ายกกำลัง (power)

n คือ จำนวนจุดข้างเคียง (number of neighbor point) การศึกษานี้กำหนดพารามิเตอร์ ค่า p เท่ากับ 2 และ 3 ค่า n เท่ากับ 15, 30 และ 50 จุด ตามลำดับ รวม 6 วิธี

2) Kriging Ordinary (KrigOrd) (Matheron, 1963) เป็นวิธีการแทรกค่าที่คำนวณค่าถ่วงน้ำหนักจากความสัมพันธ์

ของข้อมูลที่อยู่โดยรอบด้วยวิธีเซมิวาริโอแกรม (semi variogram) ดังสมการ (2) (Burrough and McDonnell, 1998)

$$\hat{Z}(x_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot Z(x_i) \quad (2)$$

โดย $\hat{Z}(x_0)$ คือ ค่าที่แทรก

$Z(x_i)$ คือ ค่าที่ทราบที่จุด i

λ_i ค่าถ่วงน้ำหนักที่คำนวณจากวิธีเซมิวาริโอแกรมที่ใช้แบบจำลองต่าง ๆ

การศึกษานี้เลือกใช้แบบจำลอง 5 รูปแบบ คือ Circular, Exponential, Gaussian, Linear และ Spherical รวม 5 วิธี รวมเป็นวิธีการที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลของการแทรกค่าเชิงพื้นที่ในการศึกษานี้ทั้งหมดจำนวน 11 วิธี

1.4. เปรียบเทียบความตรงกันของการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย (mean annual rainfall) ที่ได้จากการแทรกค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธีการและพารามิเตอร์ที่แตกต่างกัน โดยใช้สัมประสิทธิ์โคเฮนของแคปปา (Cohen's kappa coefficient, k) และใช้เกณฑ์ของ McHugh (2012) ในการจำแนกระดับของความตรงกันดัง Table 1 (ตัวอย่างงานวิจัยที่ประยุกต์ใช้เกณฑ์นี้ เช่น Bailey *et al.* (2022) และ Agdas and Yenen (2023) เพื่อศึกษาผลของพารามิเตอร์ ได้แก่ จำนวนจุดข้างเคียง และค่ายกกำลัง จากวิธี IDW และแบบจำลองที่ต่างกันของวิธี KrigOrd ที่มีต่อการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย

Table 1 Interpretation of Cohen's kappa coefficient.

Value of Kappa	Level of Agreement
0 – 0.20	none
0.21 – 0.39	minimal
0.40 – 0.59	weak
0.60 – 0.79	moderate
0.80 – 0.90	strong
Above 0.90	almost perfect

Source: McHugh (2012)

2. การเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนของการแทรกค่าเชิงพื้นที่

2.1 คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error, MAE) เพื่อใช้เปรียบเทียบผลจากการใช้วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกัน ดังสมการ (1)

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Obs.-Est.|}{n} \quad (1)$$

โดย Obs. คือ ค่าที่ตรวจวัดจริง

Est. คือ ค่าที่ประมาณได้

n คือ จำนวนสถานีวัดที่เลือกจากข้อ 1.2 รวม 3 ชุดข้อมูล เท่ากับ 580 สถานี

2.2 ตรวจสอบการกระจายของค่าความคลาดเคลื่อนและแยกค่าผิดปกติ ด้วยวิธี Outliers (Grubbs, 1969; Maddala, 1992) โดยแยกค่าที่เกิน 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย แล้วสรุปเป็นค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการแทรกค่าเชิงพื้นที่ของแต่ละวิธี

ผลและวิจารณ์

การแทรกค่าเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยและการเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้วิธีการที่แตกต่างกัน ได้ผลดังนี้

1. ปริมาณน้ำฝนเชิงพื้นที่

การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยจากวิธีการแทรกค่าที่ต่างกัน แสดงใน Figure 2 และ 3 ได้ผลดังนี้

1.1 วิธี IDW

การแทรกค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี IDW ที่ใช้พารามิเตอร์ค่ายกกำลัง (p) และจำนวนจุดข้างเคียง (n) ที่ต่างกัน ได้ผลดัง

Figure 2 พบว่า การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยมีความใกล้เคียงกัน โดยปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่า 1,000 มิลลิเมตร กระจายอยู่บริเวณภาคกลางของประเทศ 1,000–2,000 มิลลิเมตร กระจายเป็นหย่อมทั่วทุกภูมิภาคของประเทศ 2,000–3,000 มิลลิเมตร กระจายอยู่บริเวณขอบของทุกภูมิภาค และมากกว่า 3,000 มิลลิเมตร กระจายครอบคลุมบางส่วนของภาคตะวันออกและภาคใต้ฝั่งตะวันตก โดยมีค่าเฉลี่ยของแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก ใต้ฝั่งตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันตก ประมาณ 1,189, 1,265, 1,098, 1,544, 1,798 และ 2,221 มิลลิเมตร ตามลำดับ

เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (k) พิจารณาความตรงกันของการกระจายเชิงพื้นที่ที่เกิดจากการใช้พารามิเตอร์ p และ n ที่ต่างกัน พบว่า การเพิ่มค่า n จาก 15 เป็น 30 และ 50 จุด เมื่อใช้ p เท่ากับ 2 มีค่า k ระหว่าง 0.9202–0.9421 และเมื่อใช้ p เท่ากับ 3 มีค่า k ระหว่าง 0.9649–0.9800 ดัง Table 2 ซึ่งตรงกันในระดับเกือบทั้งหมด (almost perfect) ส่วนการเพิ่มค่า p จาก 2 เป็น 3 มีค่า k ระหว่าง 0.8150–0.8676 ซึ่งมีความตรงกันในระดับต่ำกว่าการเพิ่มค่า n จากผลดังกล่าวเห็นได้ว่า การเพิ่มค่า p มีผลต่อความผันแปรเชิงพื้นที่ของการกระจายของค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่าการเพิ่มจำนวน n เพราะผลที่ได้มีความแตกต่างกันของค่า k มากกว่าการเพิ่มค่า n

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของการกระจายของข้อมูลจากการใช้เส้นชั้นน้ำฝนเท่า (isohyet) พบว่า เมื่อใช้ค่า p เท่ากับ 2 [Figure 4 a1) ถึง a3)] หรือใช้ ค่า p เท่ากับ 3 [Figure 4 a4) ถึง a6)] พบว่า การใช้ค่า n ที่มีจำนวนมากขึ้นส่งผลให้ความผันแปรเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบทีละน้อย (gradual change) มากกว่าการใช้ค่า n ที่น้อยกว่า (เส้นน้ำฝนเท่ามีความโค้งมนมากกว่า) ส่วนการใช้ค่า p ที่มากขึ้นยังไม่มีผลที่ชัดเจน

Table 2 Comparison of the spatial distribution of mean annual rainfall of Thailand based on different Inverse Distance Weighted (IDW) parameters (power, p, and number of neighbor point, n) using Cohen's kappa coefficient.

	p = 2				p = 3				p = 3		
	n = 15	n = 30	n = 50		n = 15	n = 30	n = 50		n = 15	n = 30	n = 50
p = 2	n = 15	1		p = 3	n = 15	1		p = 2	n = 15	0.8676	
	n = 30	0.9202	1		n = 30	0.9649	1		n = 30	0.8416	
	n = 50	0.9421	0.9421	1	n = 50	0.9480	0.9800	1	n = 50		0.8150

1.2 วิธี Kriging Ordinary

การแทรกค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging Ordinary ที่ใช้แบบจำลอง 5 รูปแบบ คือ Circular, Exponential, Gaussian, Linear และ Spherical ได้ผลดัง Figure 3 พบว่าการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนแต่ละช่วงชั้นที่มีความใกล้เคียงกับ วิธี IDW (เปรียบเทียบ Figure 2 และ 3) ยกเว้นการใช้แบบจำลอง Gaussian ที่เห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีความแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยของแต่ละภูมิภาค ได้แก่ ภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก ใต้ฝั่งตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันตก มีค่าประมาณ 1,216, 1,278, 1,126, 1,557, 1,809 และ 2,227 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการใช้วิธี IDW เล็กน้อยในทุกภูมิภาค

เมื่อใช้ค่าสัมประสิทธิ์แคปของโคเฮน (k) พิจารณาความตรงกันของการกระจายเชิงพื้นที่ที่เกิดจากการใช้แบบจำลอง Circular, Exponential, Linear และ Spherical มีค่า k ระหว่าง 0.9994 – 1.0000 ดัง Table 3 ซึ่งตรงกันในระดับเกือบทั้งหมด (almost perfect) มีเพียง Gaussian ที่มี

ค่า k ต่างจากสมการอื่น ๆ โดยมีค่าระหว่าง 0.5339 – 0.5341 ซึ่งตรงกันในระดับน้อย (weak) จึงสรุปได้ว่า สมการย่อยของ Kriging Ordinary ทั้ง 5 สมการ มีเพียง สมการ Gaussian ที่ต่างออกไป

เมื่อพิจารณา Figure 4 b1) ถึง b5) พบว่า เส้นชั้นน้ำฝนเท่า (isohyet) ที่ได้จากทั้ง 5 แบบจำลอง ไม่มีความโค้งมน แสดงให้เห็นว่าการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบทันทีทันใด (abrupt change) ที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได (stepped appearance) โดยเฉพาะ Figure 4 b3) ซึ่งเป็นผลที่ได้จากสมการ Kriging Ordinary Gaussian

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาข้อ 1.1 และ 1.2 พบว่าความผันแปรเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่ได้จากวิธี IDW มีความแตกต่างกับวิธี Kriging Ordinary โดยผลที่ได้จากวิธี IDW มีความผันแปรเชิงพื้นที่แบบเปลี่ยนแปลงค่าทีละน้อย ในขณะที่ผลที่ได้จากวิธี Kriging Ordinary มีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบทันทีทันใด

Table 3 Comparison of spatial distribution of mean annual rainfall of Thailand based on different Kriging Ordinary models (KrigOrd).

KrigOrd	Cir	Exp	Gau	Lin	Sph
Cir	1.0000				
Exp	0.9994	1.0000			
Gau	0.5339	0.5341	1.0000		
Lin	0.9999	0.9994	0.5339	1.0000	
Sph	1.0000	0.9994	0.5339	0.9999	1.0000

Remark: Cir is Circular, Exp is Exponential, Gau is Gaussian, Lin is Linear, and Sph is Spherical.

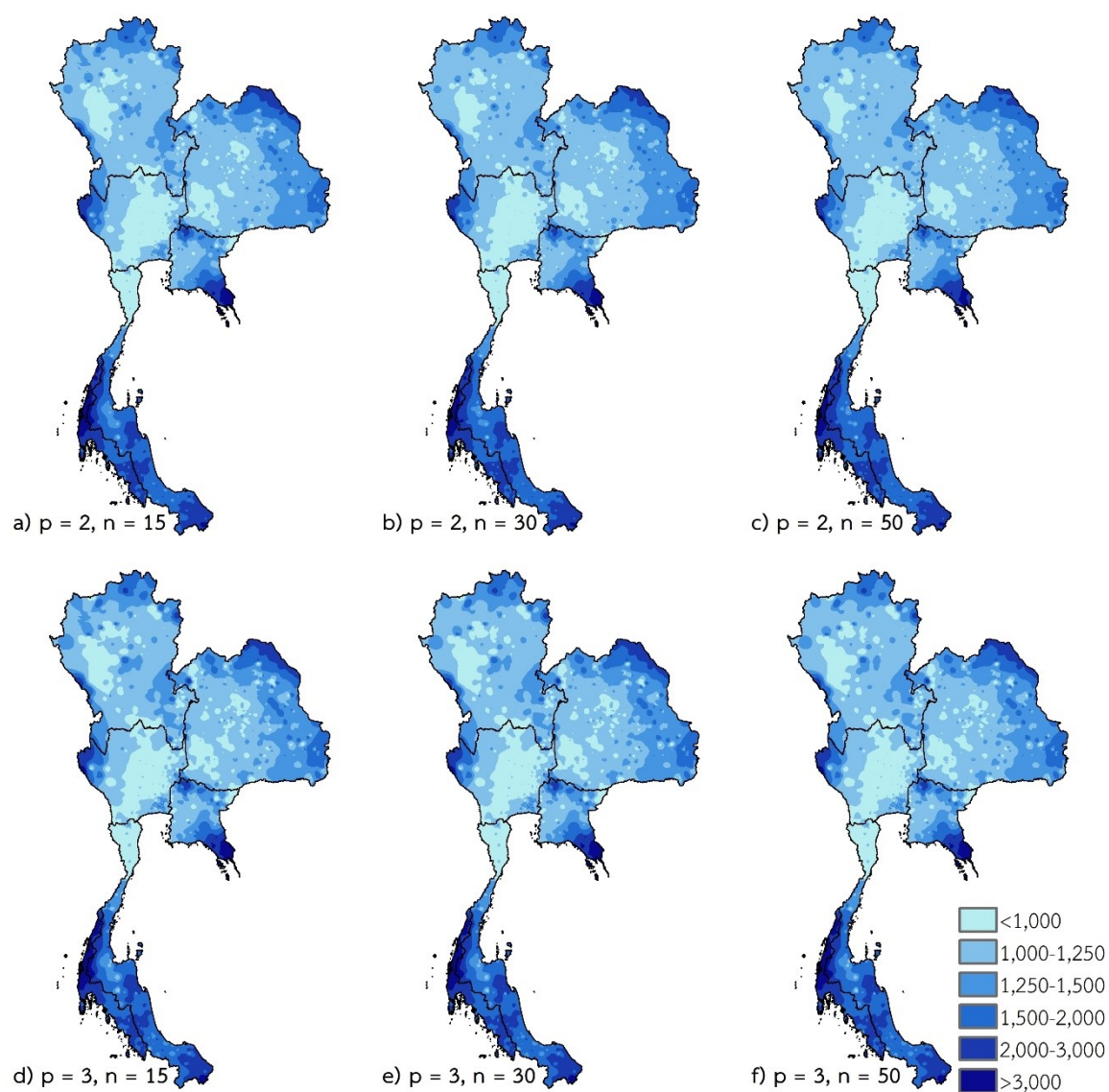


Figure 2 Distribution of mean annual rainfall of Thailand as predicted by the Inverse Distance Weighted (IDW) method using different powers (p) and number of neighboring points (n).

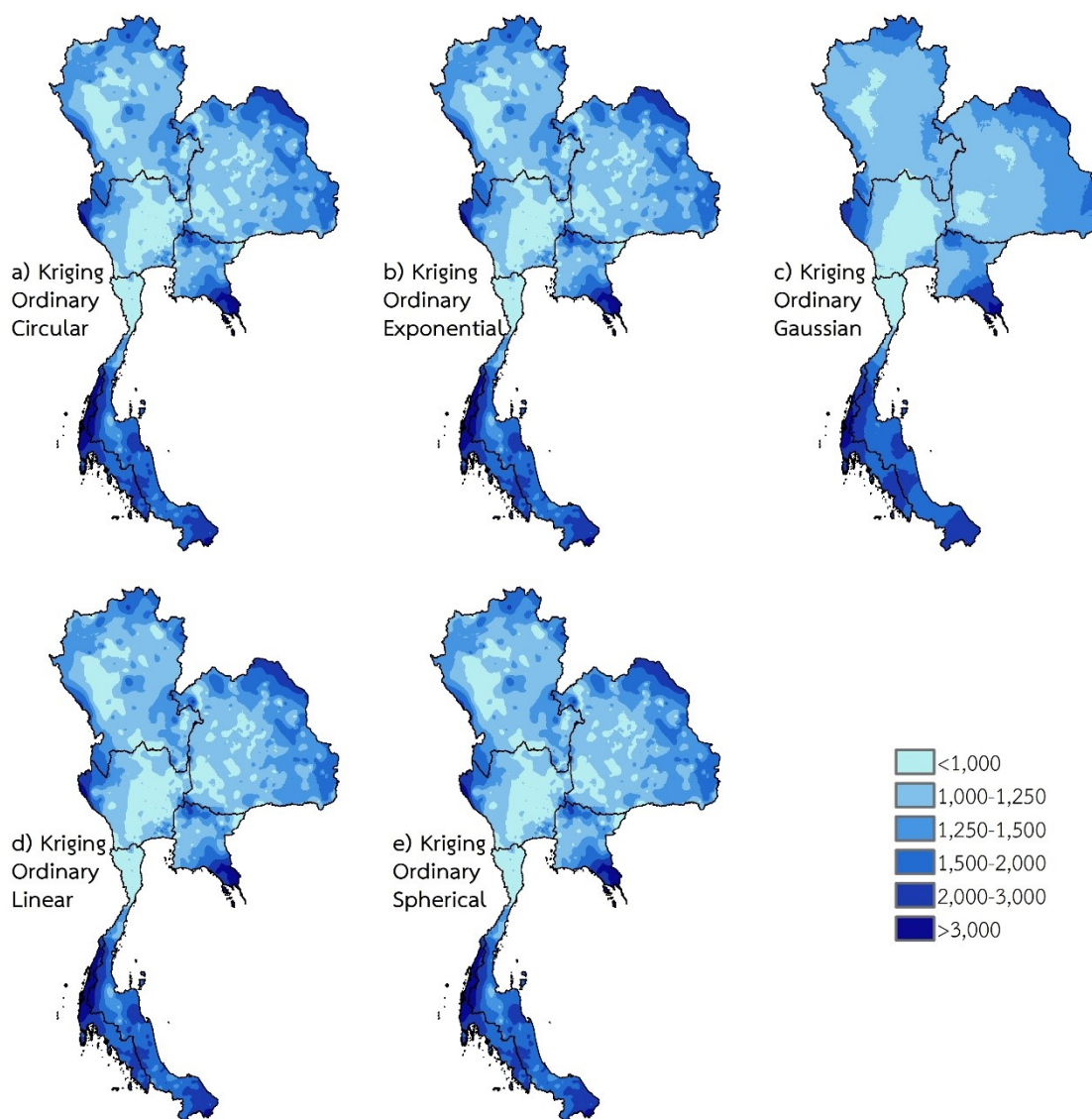


Figure 3 Distribution of mean annual rainfall of Thailand as predicted by on the Kriging Ordinary method using different models: i.e., Circular, Exponential, Gaussian, Linear, and Spherical.

2. ความคลาดเคลื่อนของการแทรกค่าเชิงพื้นที่

การเปรียบเทียบผลของการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยโดยใช้วิธีที่แตกต่างกันเมื่อพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error, MAE) ดัง Table 4 (ไม่นำวิธี Kriging Ordinary Gaussian มาเปรียบเทียบเนื่องจากผลที่ได้ไม่สอดคล้องกับวิธีการอื่น ๆ ดังกล่าวแล้วในข้อ 1.2) พบว่า 1) การใช้วิธี IDW มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการใช้วิธี

Kriging Ordinary ยกเว้นภาคใต้ฝั่งตะวันออกและตะวันตก 2) การใช้วิธี IDW ที่กำหนดค่า p เท่ากับ 2 เป็นวิธีที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการกำหนดค่าเท่ากับ 3 3) วิธีแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง และตะวันออกคือวิธี IDW ที่กำหนดค่า p เท่ากับ 2 แต่ค่า n แตกต่างกันคือ 30 15 50 และ 30 จุด ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันออกและฝั่งตะวันตกคือวิธี Kriging Ordinary ที่ใช้แบบจำลอง Exponential และ Linear ตามลำดับ

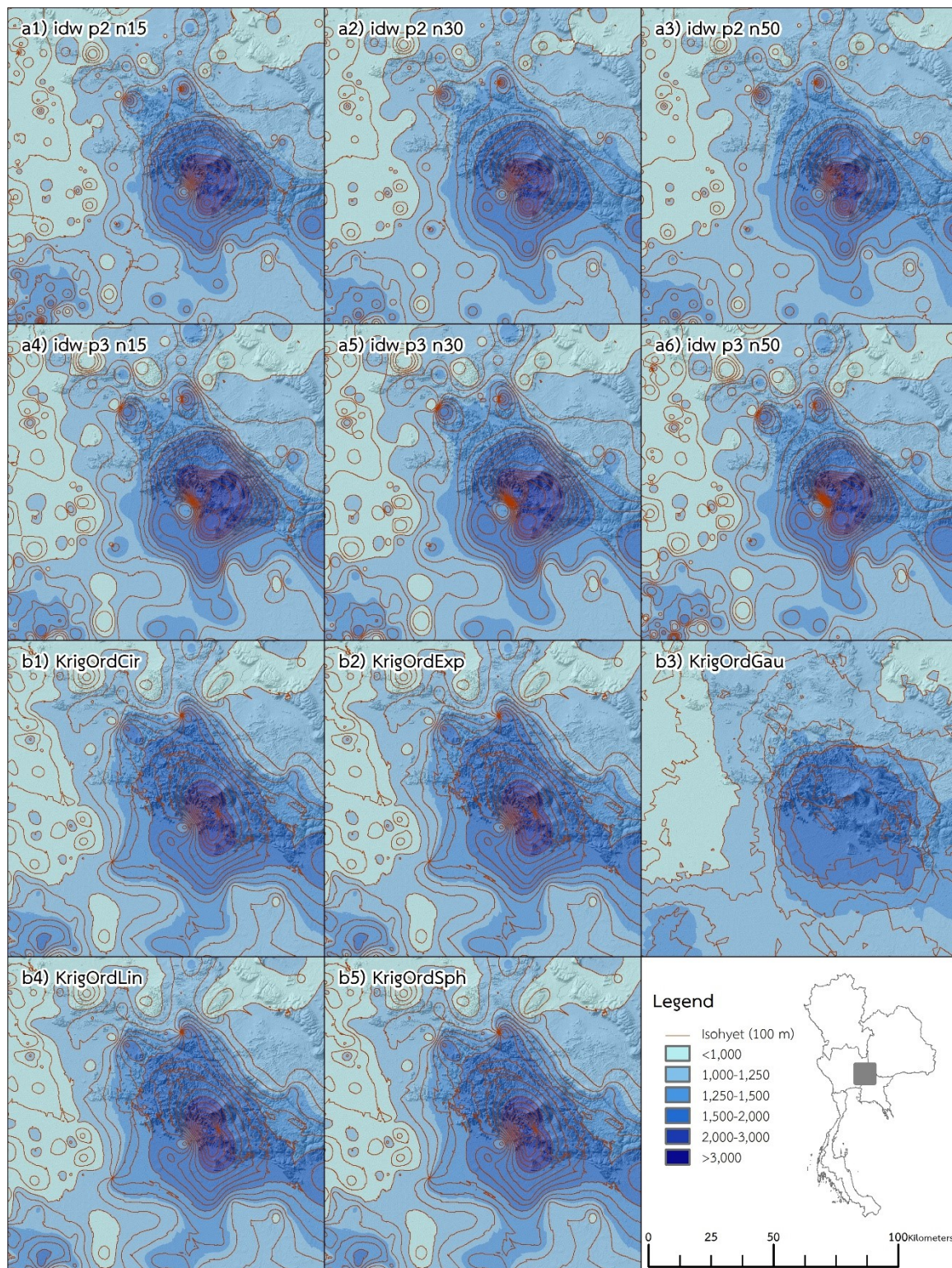


Figure 4 Mean annual rainfall Isohyets obtained from Inverse Distance Weighted (IDW) and Kriging Ordinary (KrigOrd) method of the selected areas in Thailand.

Remarks: - p is power of IDW and n is number of neighboring points,

- Cir is Circular, Exp is Exponential, Gau is Gaussian, Lin is Linear, and Sph is Spherical.

ค่า MAE ที่น้อยที่สุดของภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก ได้ฝั่งตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันตก มีค่า เท่ากับ 157.76, 180.43, 121.31, 253.63 277.11 และ 403.14 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 13.32, 13.96, 11.18, 16.22, 16.64 และ 15.39 ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการกระจายของค่า MAE พบว่ามีค่าสูงผิดปกติในบางสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่เลือก สุ่มมาใช้ในการทวนสอบ (validation) ทั้งนี้เนื่องจากสถานี ตรวจวัดน้ำฝนดังกล่าวตั้งอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล มากกว่าและมีปริมาณน้ำฝนแตกต่างกับสถานีที่อยู่โดยรอบ อย่างมาก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่เลือกมา ใช้ทดสอบในการศึกษานี้ยังไม่สามารถประมาณค่าของข้อมูลที่มีความผันแปรเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่มีค่าสูงได้

เมื่อแยกค่าผิดปกติที่เกินกว่า 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของค่าความคลาดเคลื่อนออกแล้ว (เหตุที่กำหนดค่า outlier เป็น 2 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เนื่องจาก จำนวนสถานีที่จะถูกคัดเลือกออกมีจำนวนอยู่ระหว่าง 64 – 77 สถานี หรือคิดเป็นร้อยละ 10 ของสถานีทั้งหมด แต่หากลดค่า outlier เป็น 1.5 เท่าของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน จำนวนสถานี ที่จะถูกคัดเลือกออกจะเพิ่มเป็น 112 – 126 สถานี หรือคิดเป็น ร้อยละ 20 ของสถานีทั้งหมด ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มากเกินไป) พบว่า ค่า MAE ที่เกิดจากการแทรกค่าเชิงพื้นที่แต่ละวิธีของแต่ละภูมิภาคมีค่าลดลง โดยวิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่มีความ คลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันออก คือวิธี IDW ที่กำหนดค่า p เท่ากับ 2 ค่า n เท่ากับ 15, 15, 50, 50 และ 15 จุด ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันตกคือวิธี Kriging Ordinary ที่ ใช้แบบจำลอง Linear โดยมีค่า MAE เท่ากับ 133.88, 132.49, 114.83, 184.01, 181.54 และ 142.52 มิลลิเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 11.30, 10.25, 10.58, 11.76, 10.90 และ 5.44 ของ ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ตามลำดับ

เมื่อเปรียบเทียบค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก การใช้วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค (Table 4) พบว่ามีค่าต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณ น้ำฝนรายปีเฉลี่ย ดังนั้น หากต้องการความผันแปรเชิงพื้นที่ของ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของแต่ละภูมิภาคของประเทศ ไทยที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบที่ละน้อยควรเลือกใช้วิธี IDW ในการแทรกค่าเชิงพื้นที่

จากผลการศึกษาดังกล่าวข้างต้น เมื่อเปรียบเทียบกับ งานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต พบว่า มีความสอดคล้องกับการศึกษา Yang *et al.* (2015) ที่พบว่าวิธี Kriging Ordinary และ IDW มีความคลาดเคลื่อนต่างกันน้อย และแนะนำให้ใช้วิธี IDW เนื่องจากใช้เวลาประมวลผลน้อยกว่าวิธี Kriging Ordinary

อย่างไรก็ตามผลการศึกษาที่แตกต่างกันจาก Yodkongdee (2017), Meechamnan (2017) และ Rattanaburee (2014) ที่ สรุปว่า วิธี Thin Plate Spline มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด ในขณะที่ Eiamprasert (2011) สรุปว่าเป็นวิธี Kriging Ordinary และ Piazza *et al.* (2011) สรุปว่าวิธี Kriging Ordinary ที่มีการ นำค่าความสูงมาร่วมพิจารณา

เหตุผลที่ทำให้ผลการศึกษานี้มีข้อสรุปของวิธีการแทรก ค่าเชิงพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดแตกต่างจากการวิจัย อื่น ๆ เนื่องจากงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่แทรกค่าเชิงพื้นที่ของ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวัน ซึ่งมีความผันแปรของปริมาณน้ำฝน ระหว่างสถานีแตกต่างจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย (ข้อมูลรายวันบางสถานีไม่มีฝนตก ในขณะที่ปริมาณน้ำฝนราย ปีเฉลี่ยทุกสถานีมีค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่าศูนย์) นอกจากนั้น แต่ละงานวิจัยดำเนินการครอบคลุมพื้นที่ที่มีขนาด ลักษณะภูมิ ประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ และลักษณะเฉพาะการตกของฝน ที่แตกต่างกัน ทำให้ผลของการใช้วิธีการแทรกค่าที่ได้มีความ แตกต่างกัน

Table 4 Mean absolute error (MAE) of the spatial interpolation of areal mean annual rainfall of Thailand using different methods.

MAE		IDW												Kriging							
		p = 2						p = 3						Ordinary							
		n = 15		n = 30		n = 50		n = 15		n = 30		n = 50		Circular		Exponential		Linear		Spherical	
North	(mm.)	160	(134) [*]	158	(138)	158	(140)	163	(139)	161	(137)	161	(136)	178	(147)	178	(147)	178	(147)	178	(147)
	(%)	13.52	(11.30) [*]	13.32	(11.61)	13.35	(11.80)	13.78	(11.71)	13.62	(11.55)	13.60	(11.52)	15.07	(12.42)	15.06	(12.41)	15.07	(12.42)	15.07	(12.42)
Northeast	(mm.)	180	(132) [*]	181	(136)	181	(139)	188	(134)	188	(135)	189	(135)	188	(139)	188	(139)	188	(139)	188	(139)
	(%)	13.96	(10.25) [*]	14.02	(10.49)	14.04	(10.78)	14.51	(10.34)	14.57	(10.42)	14.59	(10.46)	14.54	(10.77)	14.54	(10.77)	14.54	(10.77)	14.54	(10.77)
Central	(mm.)	125	(119)	122	(115)	121	(115) [*]	134	(128)	132	(126)	132	(125)	141	(131)	141	(131)	141	(131)	141	(131)
	(%)	11.54	(10.95)	11.23	(10.63)	11.17	(10.58) [*]	12.34	(11.76)	12.20	(11.61)	12.14	(11.55)	12.99	(12.04)	12.98	(12.04)	12.99	(12.04)	12.99	(12.04)
East	(mm.)	256	(196)	254	(188)	254	(184) [*]	271	(205)	268	(201)	268	(194)	273	(188)	273	(188)	273	(188)	273	(188)
	(%)	16.36	(12.52)	16.21	(12.01)	16.23	(11.76) [*]	17.33	(13.09)	17.15	(12.85)	17.11	(12.37)	17.45	(11.98)	17.45	(11.98)	17.45	(11.98)	17.45	(11.98)
Southeast	(mm.)	277	(181)	282	(191)	287	(192)	291	(190)	292	(196)	294	(198)	277	(183)	277	(183) [*]	277	(183)	277	(183)
	(%)	16.65	(10.90)	16.94	(11.46)	17.23	(11.56)	17.46	(11.42)	17.57	(11.77)	17.66	(11.88)	16.64	(10.99)	16.64	(10.99) [*]	16.64	(10.99)	16.64	(10.99)
Southwest	(mm.)	410	(152)	422	(170)	429	(149)	433	(173)	429	(165)	429	(165)	403	(143)	403	(143)	403	(143) [*]	403	(143)
	(%)	15.65	(5.79)	16.12	(6.48)	16.37	(5.71)	16.52	(6.61)	16.38	(6.29)	16.39	(6.32)	15.39	(5.44)	15.39	(5.45)	15.39	(5.44) [*]	15.39	(5.44)

Remark: - values in parenthesis indicate MAE after outlier removal.

- * is the lowest MAE compared with that derived from other spatial interpolation methods (considered till 4th decimal place).

- IDW is Inverse Distance Weighted, p is power, and n is number of neighboring points.

สรุป

การแทรกค่าเชิงพื้นที่ของข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยแต่ละของแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนทั่วประเทศจำนวน 1,882 สถานี ในการศึกษานี้ใช้วิธีการที่ต่างกัน 2 วิธี คือ 1) Inverse Distance Weighted (IDW) ที่กำหนดค่ายกกำลัง (power, p) เท่ากับ 2 และ 3 ค่าจำนวนจุดข้างเคียง (number of neighbor point, n) เท่ากับ 15, 30 และ 50 จุด ตามลำดับ และ 2) Kriging Ordinary (KrigOrd) ที่ใช้แบบจำลอง 5 รูปแบบ คือ Circular, Exponential, Gaussian, Linear และ Spherical แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบความตรงกันของการกระจายเชิงพื้นที่ด้วยค่าสัมประสิทธิ์แคปปาของโคเฮน (Cohen's kappa coefficient, k) และเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนด้วยค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error, MAE) ได้ผลสรุปดังนี้

1. การกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยที่ได้จากการแทรกค่าด้วยวิธี IDW ที่ใช้พารามิเตอร์ที่ต่างกันมีความตรงกันในระดับเกือบทั้งหมด (k มีค่าระหว่าง 0.9202–0.9800) และการเพิ่มค่า p มีผลต่อความผันแปรเชิงพื้นที่ของการกระจายเชิงพื้นที่ของค่าปริมาณน้ำฝนมากกว่าการเพิ่มค่า n ส่วนการใช้ค่า n ที่มีจำนวนมากขึ้น ส่งผลให้ความผันแปรเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนเป็นแบบทีละน้อย (gradual change) มากกว่าการใช้ค่า n ที่น้อยกว่า

2. การแทรกค่าเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Kriging Ordinary ที่ใช้แบบจำลองที่ต่างกันพบว่ามีการกระจายเชิงพื้นที่ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยมีความตรงกันในระดับเกือบทั้งหมด (k มีค่าระหว่าง 0.9994–1.0000) ยกเว้นการใช้แบบจำลอง Gaussian ส่วนลักษณะความผันแปรเชิงพื้นที่ของการกระจายของปริมาณน้ำฝนมีการเปลี่ยนแปลงค่าแบบทันทีทันใด (abrupt change) ที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได (stepped appearance)

3. วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดของภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลาง ตะวันออก และใต้ฝั่งตะวันตกคือวิธี IDW ที่กำหนดค่า p เท่ากับ 2 แต่ค่า n แตกต่างกันคือ 15, 15, 50, 50 และ 15 จุด ตามลำดับ ส่วนภาคใต้ฝั่งตะวันตกคือวิธี Kriging Ordinary ที่ใช้แบบจำลอง Linear โดยมีค่า MAE เท่ากับ 133.88, 132.49, 114.83,

184.01, 181.54 และ 142.52 มิลลิเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 11.30 10.25 10.58 11.76 10.90 และ 5.44 ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย ตามลำดับ

4. ค่าร้อยละความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการใช้วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่แตกต่างกันในแต่ละภูมิภาคมีค่าต่างกันน้อยกว่าร้อยละ 1 ของปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากผลการศึกษานี้พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (mean absolute error, MAE) มีค่าสูงผิดปกติบริเวณสถานีตรวจวัดน้ำฝนที่เลือกสุ่มมาใช้ในการทวนสอบ (validation) เป็นสถานที่ตั้งอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเลมากกว่าสถานีที่อยู่โดยรอบ ส่งผลให้วิธีการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่เลือกใช้ในการศึกษานี้ ไม่สามารถคำนวณค่าได้ใกล้เคียงกับค่าที่ตรวจวัด การศึกษาต่อไปควรนำวิธีการแทรกค่าที่ใช้ตัวแปรความสูงจากระดับน้ำทะเลในการแทรกค่าเชิงพื้นที่ เช่น วิธี Co-Kriging เพื่อเปรียบเทียบผลที่ได้กับการศึกษานี้

2. ความคลาดเคลื่อนของการแทรกค่าเชิงพื้นที่ที่พิจารณาจากค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย ที่ได้จากการศึกษานี้มีความแตกต่างกันไม่มาก เพื่อให้เกิดความชัดเจนมากยิ่งขึ้น ควรเปรียบเทียบโดยใช้ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error, RMSE) เพิ่มเติม

REFERENCES

- Agdas, M.G., Yenen, Z. 2023. Determining land use/land cover (LULC) changes using remote sensing method in Lüleburgaz and LULC change's impacts on SDGs. *European Journal of Sustainable Development*, 12(1): 1-24. doi: 10.14207/ejsd.2023.v12n1p1.
- Bailey, G., Li, Y., McKinney, N., Yoder, D., Wright, W. Herrero, H. 2022. Comparison of ground point filtering algorithms for high-density point clouds collected by terrestrial LiDAR. *Remote Sensing*, 14(4776): 1-20. doi.org/10.3390/rs14194776.
- Burrough, P.A., McDonnell, R.A. 1998. *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford University Press, New York, USA.

- Chomwinyan, W. 2017. **Geography of Thailand**. Udon Thani Rajabhat University. Udon Thani, Thailand. (in Thai)
- Donald, S. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. In : **Proceedings of the 1968 23rd ACM National Conference**. New York, USA, pp. 517–524.
- Eiamprasert, S. 2011. **Comparison of Spatial Daily Rainfall Amount Interpolation Methods by Using Geographic Information System at Chao-Phra-Ya Flood Plain**. M.S. Thesis, National Institute of Development Administration, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Grubbs, F.E. 1969. Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples. **Technometrics**, 11(1): 1-21. doi: :10.1080/00401706.1969.10490657.
- Kumari, M., Singh, C.K., Bakimchandra, O., Basistha, A. 2016. DEM-based delineation for improving geostatistical interpolation of rainfall in mountainous region of Central Himalayas, India. **Theoretical and Applied Climatology**, 130(1-2): 51-58. doi:10.1007/s00704-016-1866-y.
- Maddala, G.S. 1992. **Introduction to Econometrics**, 2nd ed. Macmillan. New York, USA.
- Matheron, G. 1963. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, 58(8): 1246–1266. doi: <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.58.8.1246>.
- McHugh, L.M. 2012. Interrater reliability: the Kappa statistic. **Biochem Med (Zagreb)**. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3900052/>, 22 March 2022.
- Meechamnan, T. 2017. **An Areal Rainfall Interpolation derived from Ground Measurement Rainfall and GSMap Satellite with Topography Data in Southern Thailand**. M.Eng. Thesis, Kasetsart University (Kamphaeng Saen Campus), Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Piazza, A.D., Conti, F.L., Noto, L.V., Viola, F. Loggia, G.L. 2011. Comparative analysis of different techniques for spatial interpolation of rainfall data to create a serially complete monthly time series of precipitation for Sicily, Italy. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 13(3): 396-408. doi:10.1016/j.jag.2011.01.005.
- Rattanaburee, P. 2014. **Comparison of the Spatial Rainfall in Upper Ping Basin and Tha Chin Basin by Spatial Interpolation Techniques**. M.Eng. Thesis, Kasetsart University (Kamphaeng Saen Campus), Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Thai Meteorological Department. (n.d.). **Climate of Thailand**. <https://www.tmd.go.th/info/tmd-knowledges>, 19 March 2023. (in Thai)
- Yang, X., Xie, X., Liu, D.L., Ji, F., Wang, L. 2015. Spatial interpolation of daily rainfall data for local climate impact assessment over greater Sydney region. **Advances in Meteorology**, 2015: 563629. doi:10.1155/2015/563629.
- Yodkongdee, E. 2017. **A Comparative Study on Areal Rainfall Estimation by Spatial Interpolation Techniques in Bang Pakong Basin and Mae Klong Basin**. M.Eng. Thesis, Kasetsart University (Kamphaeng Saen Campus), Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ถิ่นอาศัยของจระเข้แม่น้ำจืด (*Crocodylus siamensis*) ในแม่น้ำเพชรบุรี

อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ภาคตะวันตกของประเทศไทย

On the Habitat of Siamese crocodiles (*Crocodylus siamensis*) in Phetchaburi River, Kaeng Krachan National Park, Phetchaburi Province, Western Thailandกษิดิศ จันทน์ประดับ¹Kasidis Chanpradub¹พรเทพ เหมือนพงษ์²Ponthep Meunpong²วรรงค์ สุขแสวง³Warong Suksawate³รองลาภ สุขมาสรวง^{3*}Ronglarp Sukmasuang^{3*}¹ การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กทม. 10900¹ Forest Resources and Environment Administration, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900² ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900² Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900³ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900³ Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900

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

รับต้นฉบับ 13 มิถุนายน 2566

รับแก้ไข 28 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 17 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The freshwater crocodile or Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) is a critically endangered species, with the Kaeng Krachan National Park playing a crucial role in its long-term conservation. This study aimed to investigate the habitat of Siamese crocodiles along the Phetchaburi River using direct observations, camera traps, and unmanned aerial vehicles. Over the course of nine rafting trips conducted between January and December 2022, covering a total distance of 315 km, which resulted in a recorded total of 68 encounters with the Siamese crocodiles or an encounter rate of 0.22 per km. The estimated population of Siamese crocodiles consisted of only four individuals. The study identified several environmental factors that influenced the crocodile distribution, with slope, elevation, forest type, cumulative upstream flow rate, and land use pattern ranked in order of importance. These findings underscore the significance of the Phetchaburi River area for the conservation of freshwater crocodile as indicated by a reliability score of 0.99 (SD=0.02). To ensure the successful conservation of Siamese crocodiles, important recommendations include habitat protection. Additionally, the development of a crocodile threat surveillance system, ongoing population studies, and community involvement are essential for sustainable conservation practices, public awareness campaigns, captive breeding and reintroduction programs, and population restoration efforts. This research provides valuable insights into the habitats and environmental factors impacting the survival of freshwater crocodiles, highlighting the critical role of preserving Kaeng Krachan National Park as a sanctuary for this species.

Keywords: Kaeng Krachan Forest Complex; Phetchaburi River; Siamese crocodile; Species distribution model

บทคัดย่อ

จระเข้แม่น้ำจืด หรือ จระเข้สยาม (*Crocodylus siamensis*) เป็นสัตว์ใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งของโลก อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน เป็นที่อยู่อาศัยที่สำคัญของจระเข้แม่น้ำจืดสำหรับการอนุรักษ์ในระยะยาว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแหล่งที่อยู่อาศัยของจระเข้แม่น้ำจืดบริเวณแม่น้ำเพชรบุรีในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน โดยใช้การสังเกตโดยตรง กล้องดักถ่าย และอากาศยานไร้คนขับ ในระหว่างการล่องแพยาง 9 เที่ยวระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2565 รวมระยะทางสะสม 315 กิโลเมตร ผลการศึกษาพบจระเข้แม่น้ำจืดทุกวิธีการรวม 68 ครั้ง คิดเป็นอัตราการพบ 0.22 ครั้งต่อกิโลเมตร จำนวนประชากรโดยประมาณที่พบมีเพียง 4 ตัว การศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการแพร่กระจายของจระเข้ โดยจัดลำดับความสำคัญ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ ระดับความสูง ประเภทของป่า อัตราการไหลสะสมที่ต้นน้ำ และรูปแบบการใช้ที่ดินอย่างมีนัยสำคัญ แสดงถึงความสำคัญของพื้นที่ริมลำน้ำเพชรบุรีที่มีต่อการอนุรักษ์จระเข้แม่น้ำจืด โดยมีความน่าเชื่อถือของแบบจำลองที่ 0.99 (SD=0.02) ข้อเสนอแนะสำคัญเพื่อการอนุรักษ์จระเข้แม่น้ำจืดคือ การปกป้องที่อยู่อาศัย การพัฒนาระบบเฝ้าระวังภัยคุกคามจากจระเข้ควบคู่ไปกับการศึกษาจำนวนประชากรอย่างต่อเนื่อง การรณรงค์ให้สาธารณชนรับรู้อهميةของการอนุรักษ์ การเพาะขยายพันธุ์ในที่เพาะเลี้ยงเพื่อการฟื้นฟูประชากร และส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อการอนุรักษ์อย่างยั่งยืน งานวิจัยนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของแหล่งที่อยู่อาศัยและปัจจัยแวดล้อมที่มีความสำคัญต่อการอยู่อาศัยของจระเข้แม่น้ำจืด เน้นย้ำถึงความสำคัญของการอนุรักษ์อุทยานแห่งชาติแก่งกระจานให้เป็นพื้นที่ที่สำคัญของสัตว์ป่าชนิดนี้

คำสำคัญ: กลุ่มป่าแก่งกระจาน แม่น้ำเพชรบุรี จระเข้แม่น้ำจืด สมการการกระจายของชนิด

คำนำ

จระเข้แม่น้ำจืด หรือ จระเข้สยาม (Siamese crocodile: *Crocodylus siamensis*) เป็นสัตว์ป่าที่มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศแหล่งน้ำธรรมชาติ มีบทบาทสำคัญทั้งเป็นผู้บริโภคที่สามารถกินเหยื่อได้หลากหลายชนิด ทั้งแมลง สัตว์น้ำขนาดเล็ก ปลา สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก สัตว์บก นก พืชน้ำ ตลอดจนซากสัตว์ (Han *et al.*, 2015) จึงมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดพลังงานในระบบห่วงโซ่ และสายใยอาหาร มีความสำคัญในกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติในระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำ ทำให้เกิดความสมดุลมั่นคงของระบบนิเวศแม่น้ำลำธาร หนองบึง จึงนับเป็นสัตว์ป่าที่มีความสำคัญในระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำ (keystone species) เพื่อการอนุรักษ์ (Cottee-Jones and Whittaker, 2012; Somaweera *et al.*, 2020; Ratanakorn *et al.*, 2021) แต่เนื่องจากการมีจำนวนประชากรลดน้อยลงอย่างรวดเร็วในทุกพื้นที่การแพร่กระจายซึ่งมีสาเหตุจากการคุกคามด้วยการล่าโดยตรง ทั้งเพื่อเป็นอาหาร การใช้หนัง รวมถึงทัศนคติทางลบที่มีต่อจระเข้ว่าเป็นสัตว์ดุร้ายที่อาจเป็นอันตรายกับมนุษย์ที่ใช้แหล่งน้ำในการอยู่อาศัย (Khumseemuang *et al.*, 2019) ตลอดจนการลดน้อยลงของชนิดและประชากรเหยื่อในแหล่งน้ำ รวมถึงการลดลงของประชากรเหยื่อที่เป็นสัตว์บกชนิดอื่นตามธรรมชาติ ความเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำในถิ่นอาศัย

มลภาวะ สารพิษที่สะสมในแหล่งน้ำ โรคและปรสิต จนปัจจุบันจระเข้แม่น้ำจืดถูกจัดให้อยู่ในบัญชีรายชื่อสัตว์ใกล้สูญพันธุ์ขั้นวิกฤติของโลก (critically endangered) (International Union for Conservation of Nature: IUCN, 2023) (Platt *et al.*, 2012; Bezuijen *et al.*, 2012; 2013) จระเข้แม่น้ำจืดเคยพบทั่วไปในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเป็นสัตว์ป่าพื้นเมืองของประเทศไทย เคยอาศัยตามแหล่งน้ำจืดตามธรรมชาติ แม่น้ำ ลำธาร บึง และหนองน้ำอาศัยอยู่อย่างชุกชุม (Platt *et al.*, 2002; Daltry *et al.*, 2003; Han *et al.*, 2015) Sudrajat and Saleh (2019) รายงานการพบจระเข้แม่น้ำจืดในทะเลสาบ Mesangat ในพื้นที่ Long Balau, Loah Toh และ Abang ประเทศอินโดนีเซีย ที่ทำเครื่องหมายโดยอาศัยรูปร่างลักษณะภายนอกที่ไม่เปลี่ยนแปลงสามารถใช้จำแนกความแตกต่างระหว่างตัวตามธรรมชาติได้จำนวน 17 ตัว ขนาดความยาวของรังจระเข้ที่พบมีค่าระหว่าง 30–50 เซนติเมตร ในพื้นที่ริมทะเลสาบที่มีความลึกของน้ำระหว่าง 30–110 เซนติเมตร มีกระแสน้ำน้อย และปกคลุมด้วยพันธุ์ไม้ น้ำ พืช ในรูปแบบของเนินดิน ที่ปกคลุมด้วยพืชที่มีความสูงเฉลี่ย 45 เซนติเมตร กว้างเฉลี่ย 75 เซนติเมตร. พบไข่ 20 ฟอง ขนาดของฟองไข่มีขนาดความยาวเฉลี่ย 8.45 เซนติเมตร ความกว้างเฉลี่ย 4.9 เซนติเมตร Platt (2019) รายงานว่าจระเข้แม่น้ำจืดมีการขุดโพรงดินลงไปบริเวณริมฝั่งแม่น้ำหรือทะเลสาบเพื่อ

วางไข่ แล้วใช้พืชที่กัดมาวางไว้ มีรายงานจะเข้ น้ำจืดมากกว่า 5 ตัว เข้ามาใช้พื้นที่โพรง (Simpson, 2006) โดยทั่วไปจะเข้ น้ำจืดชอบทำรังในพื้นที่ลุ่มตามลำน้ำ โดยพบการทำรังของ จะเข้ น้ำจืดที่ระดับความสูงถึง 600 เมตรจากระดับน้ำทะเล (Daltry *et al.*, 2003; Sam *et al.*, 2015) Platt *et al.*, (2012) รายงานการวางไข่ของจะเข้ที่จับได้เริ่มขึ้นในเดือนกุมภาพันธ์ และดำเนินต่อไปจนถึงต้นเดือนมิถุนายน วันที่วางไข่เฉลี่ย (± 1 SD) ตามข้อมูลที่รวบรวมจากปี พ.ศ. 2543 (ค.ศ. 2000) และ พ.ศ. 2544 (ค.ศ. 2001) คือ 5 เมษายน ± 24 วัน วันที่วางไข่เฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างปี อาจเป็นผลมาจาก ความแปรปรวนประจำปี มีระยะเวลาฟักไข่เฉลี่ย 72 ± 3 วัน ไข่ ฟักตั้งแต่วันที่ 5 พฤษภาคม – 18 สิงหาคม จำนวนไข่ต่อครอก เฉลี่ย (25.0 ± 8.8 ฟอง; $n = 183$)

Thapa *et al.* (2018) ศึกษาการติดตามประชากรด้วยการนับโดยใช้อากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle, UAV) แบบปีกตรึงที่ Bardia National Park ที่อยู่ ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของประเทศเนปาล บริเวณแม่น้ำสายหลักสองสายคือ Karnali และ Babai โดยเลือกเวลาช่วงเช้า (08.00–11.00 น.) และช่วงเย็น (15.00–17.00 น.) เพื่อถ่ายภาพจาก UAV เนื่องจากเป็นเวลาที่จะเข้ใช้อาบแดด โดยทั่วไป วิธีการนับจะเข้โดยใช้นกวิเคราะห์ภาพสามคนในการนับจะเข้ในแต่ละภาพถ่ายที่ได้ทั้งหมดจากเส้นทางการบิน นักวิเคราะห์ภาพแต่ละคนนับจำนวนจะเข้ของตนเองจาก ภาพถ่ายและนับรวม โดยนำผลที่ได้มาสรุปร่วมกันเพื่อใช้เป็น ข้อมูลจากการนับขั้นสุดท้าย Muslim and Suba (2021) ศึกษาการใช้พื้นที่อาศัยของจะเข้ น้ำจืด ในทะเลสาบ Mesangat, Muara Ancalong, East Kutai, ประเทศอินโดนีเซีย ด้วยการสำรวจการครอบครองเชิงพื้นที่ โดยเปรียบเทียบ ระหว่างการเลือกกลุ่มพืชลอยน้ำ 12 ชนิดหลักในทะเลสาบ Mesangat ที่ถูกรับรองโดยชนิดพืช *Leersia hexandra* (ร้อยละ 36), *Cyperus rotundus* (ร้อยละ 19) และ *Eichhornia crassipes* (ร้อยละ 15) พบว่าพืชลอยน้ำชนิด *L. hexandra* และ *C. rotundus* เป็นแหล่งที่มีศักยภาพในการทำรังของ จะเข้ น้ำจืดหรือจะเข้สยาม โดยพืชชนิด *E. crassipes* อาจ ไม่ใช่ตัวเลือกสำหรับการทำรัง นอกจากนี้ยังเป็นพืชน้ำที่รุกราน กระจุกกระจายในพื้นที่ชุ่มน้ำ เนื่องจากการปรากฏตัวของพืช ชนิดนี้ไม่โดดเด่นในทะเลสาบ Mesangat โดยได้คาดการณ์ว่า

แหล่งที่อยู่อาศัยยังมีความเหมาะสมในการรองรับประชากร จะเข้ น้ำจืดหรือจะเข้สยามในพื้นที่

แม้จะเข้ น้ำจืด เป็นสัตว์ป่าพื้นเมือง และได้รับการตั้ง ชื่อตามพื้นที่พบเป็นครั้งแรก เพื่อเป็นเกียรติแก่ประเทศไทย อย่างไรก็ตามการศึกษาเพื่อใช้ในการทำความเข้าใจ ในการ จัดการทั้งประชากร และถิ่นอาศัยเพื่อการฟื้นฟู รักษา โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ประชากรจะเข้อาศัยอยู่ในธรรมชาติของประเทศ ไทยกลับมีข้อมูลการศึกษาน้อยมาก นับเป็นจะเข้ น้ำจืดที่มี การศึกษาน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับจะเข้ชนิดอื่นที่มีในโลก (Grigg and Kirschner, 2015) สาเหตุจากการมีจำนวน ประชากรที่น้อยมากในธรรมชาติ มีเพียงไม่กี่แห่งใน พื้นที่อนุรักษ์ของประเทศไทย (Kreetiyutanont, 1993; Temsiripong, 2001; Platt *et al.*, 2012) ซึ่งทำให้การ ดำเนินการจัดการจะเข้ น้ำจืดเป็นสิ่งที่ทำได้ยากยิ่ง รวมถึง ทัศนคติทางลบของประชาชนที่มีต่อจะเข้จากอดีตที่ได้สร้าง ความหวาดกลัวเกินความจริง ทั้งที่จะเข้ น้ำจืดไม่ใช่สัตว์ป่า อันตรายต่อประชาชนก็ตาม จึงทำให้ความหวังในการจัดการ เพื่อการอนุรักษ์ พื้นที่ เพื่อประกอบประโยชน์ต่อสังคมส่วนรวมเอง เป็นไปได้ยากยิ่งขึ้น

อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ซึ่งเป็นอุทยานแห่งชาติที่มี ขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศไทย ครอบคลุมพื้นที่ 2,914.70 ตารางกิโลเมตร หรือ 1,821,687.84 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่มี ลักษณะเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อน มีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 250–500 เมตร มีค่าระดับความสูงจากน้ำทะเลปานกลางสูง ที่สุดประมาณ 1,513 เมตร ส่วนความลาดชันของพื้นที่ มีค่าเฉลี่ยประมาณ ร้อยละ 10–30 และมีค่าสูงสุดประมาณร้อยละ 40 โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีความลาดชันอยู่ระหว่างช่วงร้อยละ 35–60 คิดเป็นประมาณร้อยละ 60 ของพื้นที่ที่มีความ หลากหลาย สลับซับซ้อน ทั้งสภาพถิ่นอาศัยทางกายภาพ และทางชีวภาพ ได้รับการขึ้นทะเบียนให้เป็นพื้นที่หลักของกลุ่ม ปามรดกโลกทางธรรมชาติ (natural world heritage site) กลุ่มป่าแก่งกระจาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเป็นต้นกำเนิด และเป็นถิ่นอาศัยตามธรรมชาติของจะเข้ น้ำจืดของประเทศ ไทย ที่มีรายงานการพบและมีผลการศึกษจะเข้ น้ำจืดในพื้นที่ (Pauwels and Chan-ard, 2006) จึงเป็นพื้นที่ความหวังใน การอนุรักษ์จะเข้ น้ำจืด สัตว์ป่าพื้นถิ่นของประเทศไทยให้คงอยู่ ตามธรรมชาติในพื้นที่ สามารถทำหน้าที่ในระบบนิเวศธรรมชาติ

ให้สมบุรณ์อำนวยความสะดวก ในการอนุรักษ์สัตว์ป่าชนิดนี้ของ ประเทศ (UNESCO World Heritage Centre, 2023)

แม่น้ำเพชรบุรี และลำน้ำสาขา เป็นลำน้ำที่มีต้นกำเนิด จากเทือกเขาตะนาวศรี ไหลผ่านพื้นที่ตอนกลางอุทยาน- แห่งชาติแก่งกระจาน ผ่านพื้นที่เกษตรกรรมของชุมชนบ้านโป่ง ลึก-บางกลอย บ้านโป่งแดง บ้านแม่ประโดนตลอดริมสองฝั่ง ของแม่น้ำ แล้วไหลลงสู่เขื่อนแก่งกระจาน ก่อนไหลลงสู่อ่าวไทย ที่อำเภอบ้านแหลม พื้นที่ศึกษาบริเวณแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน ตั้งแต่บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าเขาพะเนินทุ่งจนถึงหน่วยพิทักษ์ ป่าแม่สะเลียง มีความยาวตลอดลำน้ำประมาณ 35 กิโลเมตรมี เครือข่ายลำน้ำสาขามากมายสลับซับซ้อน ประกอบด้วยแอ่ง น้ำลึก หาดทราย แก่งหิน ที่ราบริมน้ำ และพืชพรรณริมชายฝั่ง เข้าถึงได้ยาก มีพลวัตรตามเวลา ฤดูกาล และมีเหยื่อตาม ธรรมชาติมาก จึงมีศักยภาพสูงสำหรับการอยู่อาศัยของจระเข้ น้ำจืด (Kanwatanakid-Savini *et al.*, 2012) อีกทั้งการศึกษา สภาพอยู่อาศัยและลักษณะทางนิเวศวิทยาของจระเข้ในน้ำจืดใน บริเวณนี้ ก็ยังไม่เคยดำเนินการมาก่อน ทั้งในพื้นที่นี้ และพื้นที่ แห่งอื่นของประเทศ ดังนั้นการศึกษานี้จึงการศึกษาครั้งแรกของ ประเทศ เพื่อสามารถนำผลมาใช้ในการบริหารจัดการพื้นที่ อนุรักษ์

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะที่อยู่อาศัย ความสัมพันธ์ของการปรากฏของจระเข้ในธรรมชาติกับ ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม ได้แก่ คุณภาพการไหลสะสมของน้ำ พืชพรรณที่ปกคลุม การใช้ประโยชน์ที่ดิน ลักษณะสัณฐานที่ คาดว่ามีผลต่อการปรากฏอย่างมีนัยสำคัญ การกระจายเชิง พื้นที่ และความชุกชุมของจระเข้ในแม่น้ำเพชรบุรี โดย ดำเนินการอย่างเป็นระบบสม่ำเสมอ ทั้งการสำรวจตามลำน้ำ ด้วยการล่องแพ การใช้อากาศยานไร้คนขับ การติดตั้งกล้องดัก ถ่ายภาพ ผลการศึกษานี้สามารถให้ข้อมูลที่เป็นสำหรั การทำความเข้าใจ เพื่อการบริหารจัดการ เพื่อการอนุรักษ์ ประชากร และถิ่นอาศัยจระเข้ในน้ำจืดไว้ในพื้นที่ตามธรรมชาติ ให้เกิดความสมดุล ยั่งยืนของระบบนิเวศ ให้อำนวยความสะดวก ทั้งทางตรงทางอ้อมต่อสังคมส่วนรวมอย่างไม่มีที่สิ้นสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูล

แบ่งพื้นที่ศึกษาเป็นตารางกริด หรือฟิสิกเซล ขนาด 160 เมตร X 160 เมตร (Figure 1A) โดยกำหนดให้ครอบคลุม

บริเวณพื้นที่แม่น้ำ ชายหาด และป่าริมน้ำ ตลอดความยาวของ เส้นทางศึกษาแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน ระยะทางตามลำน้ำ ประมาณ 35 กิโลเมตร ทำการสำรวจเพื่อเก็บข้อมูลภาคสนาม ด้วยการล่องแพยางในเวลากลางวันด้วยความเร็วไม่น้อยกว่า 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมงโดยประมาณ ใช้การหยุดสำรวจในพื้นที่ที่พบ เห็นหลักฐานร่องรอยต่างๆตลอดระยะเวลาการสำรวจ ซึ่งเป็น ไปตามระบบลาดตระเวนเชิงคุณภาพ (spatial monitoring and reporting tool: SMART Patrol) ดำเนินการตั้งแต่เดือน มกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 โดยทำการสำรวจทุก เดือน เดือนละ 1 ครั้ง ใช้เวลา 4 คืน 5 วัน ในแต่ละครั้ง รวม การร่องแพยางสำรวจจะขึ้นน้ำจืดตามลำน้ำเพชรบุรีจำนวน 9 ครั้ง การสำรวจดำเนินการทุกเดือนยกเว้นในฤดูน้ำหลาก สำรวจบริเวณแม่น้ำเพชรบุรีตอนบน ตั้งแต่บริเวณหน่วยพิทักษ์ ป่าเขาพะเนินทุ่งจนถึงหน่วยพิทักษ์ป่าแม่สะเลียง ซึ่งมีระยะทาง ประมาณ 35 กิโลเมตร จึงรวมระยะทางสะสมรวม 315 กิโลเมตร ซึ่งคล้ายกับการสำรวจจะขึ้นน้ำจืดในประเทศกัมพูชา ตามวิธีของ Sam *et al.* (2015) บันทึกข้อมูลร่องรอยการ ปรากฏของจระเข้ในน้ำจืด ดังนี้

1. ใช้การสำรวจพบเห็นตัวจระเข้ในน้ำจืดโดยตรง รวมถึง จากร่องรอย กองมูล รังในระหว่างการสำรวจตามลำน้ำ
2. การสำรวจพบกลุ่มรอยตีน รอยคลาน รอยลากหาง ทำการจดบันทึกร่องรอยที่สมบูรณ์ วัดความกว้างของรอยตีน หน้า (fore hand) (total hand width, THW) ความยาวของ รอยตีนหน้า (total hand length, THL) ความกว้างของรอย ตีนหลัง (total foot width, TFW) ความยาวของรอยตีนหลัง (total foot length, TFL) ความยาวของช่วงก้าว (stride) และ ความกว้างของการก้าว (straddle) ด้วยไม้บรรทัด บันทึก รายละเอียดพื้นดินหรือทรายที่มีร่องรอยประทับอยู่ ประเมิน ความเก่าใหม่ของร่องรอย ทำการถ่ายภาพพร้อมมาตราส่วน โดยใช้ไม้บรรทัดวางด้านข้าง บันทึกวันที่ เวลา สถานที่ เพื่อ นำไปประเมินขนาดความยาวของลำตัว (total length, TL) ตามวิธีการของ Simpson (2006)
3. การสำรวจพบกองมูล ทำการถ่ายภาพโดยใช้ไม้ บรรทัดวางด้านข้างเพื่อเทียบอัตราส่วน บันทึกตำแหน่ง ภูมิศาสตร์ด้วยเครื่องหาตำแหน่งภูมิศาสตร์ (global positioning system instrument) บันทึกวันที่ เวลา สถานที่ ลักษณะพื้นผิวที่พบ บันทึกสี ประเมินความเก่าใหม่ของกองมูล และลักษณะของกองมูลว่าเหลวหรือเป็นก้อนแข็ง และทำการ

วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กว้างที่สุดของกองมูลก่อนแข็ง (maximum scat diameter, MSD) (Platt *et al.*, 2020)

4. การสำรวจพบการทำรังวางไข่ของจระเข้ น้ำจืด ทำการถ่ายภาพบริเวณที่พบโดยละเอียด บันทึกวัน เวลา และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ วัดขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางของรัง วัดระยะห่างจากแหล่งน้ำที่ใกล้ที่สุด จำแนกประเภทของวัสดุที่ใช้สร้างรัง บรรยายลักษณะโดยรอบของรังว่ามีการถูกแสงแดดส่องถึงในช่วงเวลากลางวันหรือไม่ และติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพเพื่อติดตามการฟักเป็นตัวโดยไม่รบกวน (Han *et al.*, 2015)

5. ติดตั้งกล้องดักถ่ายสัตว์ป่าอัตโนมัติ บริเวณพื้นที่สำรวจพบร่องรอย การทำรังของจระเข้ หรือบริเวณที่คาดว่าจะมีจระเข้ปรากฏโดยเฉพาะตามหาดทราย หาดหิน หรือป่าที่ราบริมน้ำ บริเวณที่ใช้อาบแดด เลือกพื้นที่เหมาะสมที่สามารถติดตั้งกล้องดักถ่ายสัตว์ป่าอัตโนมัติ โดยการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพเป็นการประยุกต์วิธีการที่ใช้ในการศึกษาสัตว์ป่าขนาดใหญ่ (Karanth, 1995; O'Brien, 2003; Mendoza *et al.*, 2011) มาใช้ในการศึกษาจระเข้ (Nair *et al.*, 2012) การศึกษานี้ใช้กล้องดักถ่ายภาพแบบ Trail Master Camera จำนวน 10 ชุด ติดตั้งทิ้งไว้ในพื้นที่และกลับมาตรวจเช็คทุก ๆ ระยะเวลา 30 วัน

6. การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับโดยประยุกต์วิธีการของ Thapa *et al.* (2018) ที่ใช้ศึกษาจระเข้ตามลำน้ำในอุทยานแห่งชาติ Bardia ประเทศเนปาล การศึกษานี้ใช้อากาศยานไร้คนขับชนิดปีกหมุน ยี่ห้อ DJI รุ่น Mavic Air 2S โดยทำการบินที่ระดับความสูง 100 เมตรจากพื้นดิน ทำการบินในช่วงเวลา 11.00 น. – 15.00 น. ไปตามลักษณะความโค้งของแม่น้ำและตามเส้นกึ่งกลางของแม่น้ำ ใช้ความเร็วสม่ำเสมอเฉลี่ย 2.5 เมตรต่อวินาที มีค่า Ground sampling distance (GSD) เท่ากับ 1.30 เซนติเมตร/พิกเซล หรือ 0.013 เมตร/พิกเซล ใช้เวลาในการบินค้นหา 1.13 เซนติเมตร ของเวลาบินทั้งหมด ภาพที่ได้ถูกบันทึกนำมาตรวจสอบการปรากฏของจระเข้ น้ำจืดอย่างละเอียดต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณขนาดความยาวของลำตัวจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางกองมูลเป็นความยาวลำตัวทั้งหมด (total length, TL) ของจระเข้โดยใช้วิธีของ Platt *et al.* (2020) จากสมการ

$$TL = 131.58 + 70.98(\log MSD) \pm SE \ 23.73$$

เมื่อ TL คือความยาวของลำตัวเป็นเซนติเมตร

2. คำนวณความมากมายของจระเข้จากกล้องดักถ่ายภาพโดยคำนวณค่าความมากมายสัมพัทธ์ (relative abundance) ของจระเข้ น้ำจืด จากค่าร้อยละความสำเร็จในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่าในแต่ละเดือน จากสูตรของ Sollmann *et al.*, (2013) ดังนี้

$$\text{Relative abundance (\%)} = \frac{(\text{trap success} \times 100)}{\text{trap night}}$$

เมื่อ Trap success คือ จำนวนภาพจระเข้ที่สามารถบันทึกภาพได้

Trap night คือ จำนวนวันที่ติดตั้งกล้องทิ้งไว้ในพื้นที่รวมทั้งหมด

3. วิเคราะห์การกระจายของจระเข้ น้ำจืดด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system, GIS) โดยใช้ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ปรากฏทั้งหมดของจระเข้ น้ำจืดที่สำรวจพบในการศึกษานี้ โดยประยุกต์วิธีการของ Mobaraki *et al.* (2018) ที่ใช้ศึกษาพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมของจระเข้ทางภาคตะวันตกของประเทศอิหร่าน เพื่อใช้จัดทำแผนที่กระจายของจระเข้ น้ำจืดในการศึกษานี้ โดยวิเคราะห์พื้นที่อาศัยที่เหมาะสมด้วยการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองทำได้โดยการนำค่าการคาดการณ์ที่ได้จากแบบจำลองมาเขียนเส้นกราฟ (receiver operating characteristic: ROC) เพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพการคาดการณ์ของแบบจำลองและทำการคำนวณหาพื้นที่ใต้กราฟของ ROC (area under the curve, AUC) ของแบบจำลอง มีค่าที่เป็นไปได้อยู่ระหว่าง 0.0 และ 1.0 หากแบบจำลองใดที่ให้ค่า AUC ต่ำกว่า 0.5 แสดงว่าแบบจำลองนั้นขาดความน่าเชื่อถือ หากมีค่าเข้าใกล้ 1.0 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือ โดยทางวิชาการกำหนดเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ค่า AUC ว่า ถ้าค่า AUC อยู่ระหว่าง 0.00–0.09 หมายถึงไม่เหมาะสม 0.10–0.25 หมายถึงเหมาะสมเล็กน้อย 0.26–0.50 หมายถึงเหมาะสมเล็กน้อย 0.51–0.74 หมายถึงเหมาะสมปานกลาง และ 0.75–1.00 หมายถึงเหมาะสมมาก ในการสร้างแบบจำลองแต่ละครั้ง จะทำการแบ่งข้อมูลไว้ร้อยละ 25 ของข้อมูลทั้งหมดเพื่อใช้ เป็นข้อมูลในการทดสอบประสิทธิภาพแบบจำลอง (test data) โดยใช้ได้กับข้อมูลการปรากฏของสัตว์ป่าที่มีจำนวนตัวอย่างมาก ซึ่งชุดข้อมูลดังกล่าวจะถูกเลือกมาจากข้อมูลทั้งหมดโดยการสุ่ม

อย่างอิสระและไม่ใส่กลับคืน (random sampling without replacement) ข้อมูลแผนที่เชิงเลขและตัวแปรพารามิเตอร์ สำหรับใช้ในแบบจำลอง สำหรับการวิเคราะห์ครั้งนี้ใช้ปัจจัย ด้านนิเวศที่เกี่ยวข้อง 11 ปัจจัย ได้แก่ (1) ปัจจัยดัชนีความลาดชัน (downslope index) (2) ปัจจัยระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (elevation) (3) ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทป่าไม่ผลัดใบ (non-deciduous forest) (4) ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าผลัดใบ (deciduous forest) (5) ปัจจัยระดับความลาดชัน (slope) (6) ปัจจัยอัตราการไหลสะสมของต้นน้ำ (flow accumulate rate of river: D8FA) (7) ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ผล (agriculture fruit) (8) ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชไร่ (agriculture crop) (9) ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่เกษตรกรรมประเภทพืชสวน (horticulture) (10) ปัจจัยอัตราการไหลสะสมของปลายน้ำ (flow accumulate rate of river, DrinffA) และ (11) ปัจจัยดัชนีความสลับซับซ้อนของภูมิประเทศ (terrain roughness index, TRI)

ผลและวิจารณ์

ผลจากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการล่องแพยางรวมจำนวน 9 ครั้ง ร่วมกับการติดตั้งกล้องดักถ่ายสัตว์ป่าอัตโนมัติ และการใช้อากาศยานไร้คนขับ จำนวน 5 เที่ยวบิน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2565 รวมการพบจระเข้ในน้ำจืดรวม 68 เหตุการณ์ ได้ผลการศึกษา ดังนี้

กองมูล

จากผลการสำรวจตามเส้นทางตามลำน้ำรวมระยะทางทั้งสิ้น 315 กิโลเมตร พบกองมูลจระเข้ 18 ครั้ง คิดเป็นอัตราการพบ 0.05 กอง/กิโลเมตร การพบกองมูลจระเข้ทั้งหมดพบตามบริเวณชายลำห้วย ที่เป็นหาดทราย และหินปนทราย แสดงถึงพื้นที่อาศัยหลักของจระเข้ในน้ำจืดบริเวณริมแม่น้ำเพชรบุรี การพบกองมูลจระเข้จากการศึกษาครั้งนี้ ให้ผลจำนวนครั้งการพบใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Kanwatanakid-Savini *et al.* (2012) ที่ใช้การสำรวจจระเข้บริเวณแม่น้ำเพชรบุรีโดยวิธีส่องไฟ (spotlight count) ในเวลากลางคืน รวมถึงการสัมภาษณ์ประชาชนตามหมู่บ้านที่ตั้งบ้านเรือนริมแม่น้ำเพชรบุรี ในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ระหว่างปี พ.ศ. 2552–2554 ทั้งยังพบว่าจระเข้ในน้ำจืดเข้ามาใช้ประโยชน์พื้นที่ในอ่างเก็บน้ำ

เขื่อนแก่งกระจานเป็นครั้งคราวด้วย แต่ไม่พบเห็นตัวจระเข้โดยตรงในระหว่างการศึกษา และไม่พบจระเข้ในแม่น้ำแม่ประโคน โดยพบร่องรอยเดินของจระเข้ 10 ครั้ง ริมแม่น้ำเพชรบุรี คิดเป็นอัตราการพบน้อยกว่า 0.30 ครั้ง/กิโลเมตร ขณะที่การศึกษาการพบกองมูลครั้งนี้ 18 ครั้ง ที่พบร่องรอย 8 ครั้ง รวมที่พบทั้งหมด 26 ครั้ง คิดเป็นอัตราการพบ 0.08 ครั้ง/กิโลเมตร

ขนาดจระเข้จากกองมูล

ผลการศึกษากองมูลที่พบมีลักษณะเป็นก้อนแข็งสมบูรณ์ สามารถทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสูงสุด (maximum scat diameter, MSD) เพื่อนำไปคำนวณความยาวทั้งหมดของลำตัว ได้จำนวน 2 กอง (หมายเลข S-0106 และ S-0203) มีขนาด 40 มิลลิเมตร และ 24 มิลลิเมตร ตามลำดับ ผลคำนวณความยาวทั้งหมดของลำตัวจากปลายจมูกถึงปลายหางได้ 393.42 เซนติเมตรและ 357.16 เซนติเมตรตามลำดับสามารถยืนยันจำนวนจระเข้ในน้ำจืดในพื้นที่ศึกษาว่ามีอย่างน้อย 2 ตัว เนื่องจากขนาดกองมูลที่แตกต่างกัน และพบในพื้นที่ห่างไกลกัน ผลการศึกษาที่ได้ขนาดความยาวจระเข้ในน้ำจืดที่ได้ แสดงถึงการพบจระเข้ตัวเต็มวัยในพื้นที่ โดยปกติจระเข้ในน้ำจืด (*Crocodylus siamensis*) เป็นจระเข้ขนาดกลาง จระเข้เพศตัวเต็มวัยผู้มีรายงานว่ามีความยาวรวม 4.0 เมตร แต่ส่วนใหญ่มีความยาวประมาณ 3.50 เมตร (Smith, 1919; Brazaitis, 1973)

กลุ่มรอยตีน

กลุ่มรอยตีน รอยคลาน รอยลากหางของจระเข้ที่พบตามพื้นลำห้วย จากการบันทึกจำนวนเหตุการณ์การพบรอยตีน (tracks) พบรวมจำนวน 8 เหตุการณ์ ร่องรอยเดินที่สมบูรณ์สามารถวัดค่าความกว้างและยาวได้ 13.2 และ 14.5 เซนติเมตรตามลำดับ เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับความยาวทั้งหมดของลำตัวตาม Simpson (2006) พบว่าจระเข้ที่พบมีขนาดความยาวทั้งหมด 2 เมตร เมื่อคำนวณอัตราการพบร่องรอยเดินของจระเข้ในน้ำจืดในลำน้ำเพชรบุรี คิดเป็นอัตราการพบรอยจระเข้ 0.02 ครั้งต่อกิโลเมตร

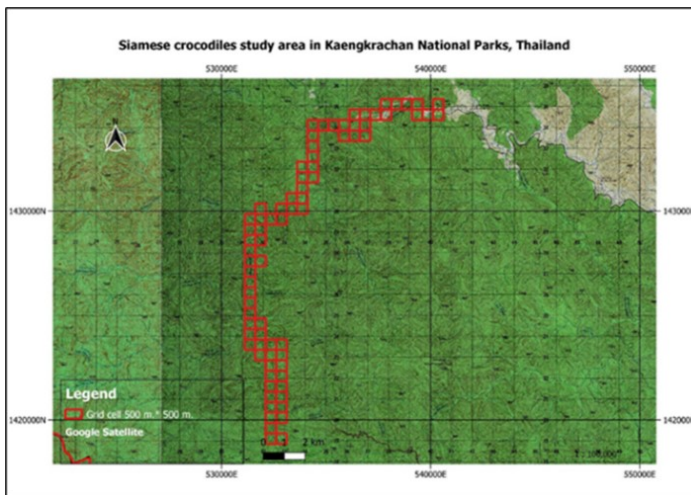
รังจระเข้และไข่

ผลการศึกษาพบการทำรังวางไข่ (nesting) ของจระเข้ในน้ำจืด 1 ครั้ง บริเวณวังขาริมลำน้ำเพชรบุรี พบว่าจระเข้เลือกกัดต้นอ้อ (*Arundo donax*) ที่อยู่บริเวณนั้นเป็นท่อนเล็กๆ

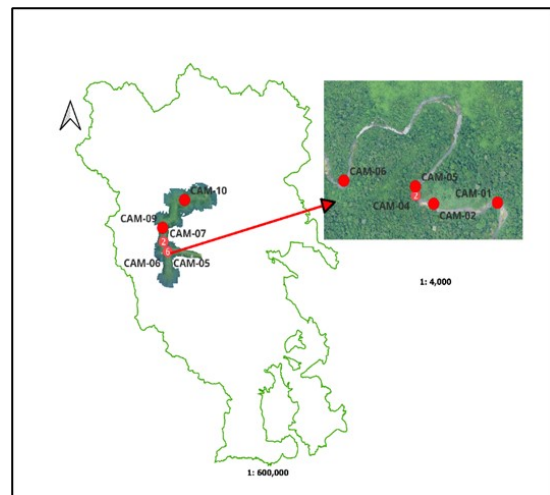
แล้วนำมากรองสุ่มทับกันจนเป็นเนินรังมีลักษณะเป็นเนินเตี้ยจากการคาดการณ์จากความสดของพืชที่ใช้ทำรัง คาดว่าอายุของรังประมาณ 30 วัน รังที่พบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้ 147 เซนติเมตร ความสูง 43 เซนติเมตร จากพื้นดินและจากการสังเกต พบเห็นตัวจระเข้เข้าจืดเฝ้ารังอยู่บริเวณใกล้ๆกับรัง คิดเป็นจำนวนเหตุการณ์การพบเห็นตัวโดยตรง (direct count) ของจระเข้เข้าจืดทั้งสิ้นจำนวน 1 เหตุการณ์ จากการสังเกตตัวจระเข้ พบว่ามีขนาดความยาวประมาณ 200 เซนติเมตร ความกว้างของลำตัวประมาณ 50 เซนติเมตร จึงได้ติดตั้งกล้องถ่ายภาพเพื่อเฝ้าติดตามพฤติกรรม โดยผลการติดตามด้วยกล้องถ่ายภาพต่อเนื่อง 4 เดือน ไม่พบการฟักเป็นตัว จึงได้ทำการตรวจพิสูจน์โดยละเอียดพบไข่จระเข้จำนวน 16 ฟองในรัง เมื่อนำมาตรวจสอบโดยละเอียดพบว่าไข่จระเข้ที่พบทั้งหมดเป็นไข่ที่ไม่มีการเจริญเติบโตพัฒนาเป็นตัวอ่อนทั้ง 16 ฟอง การวางไข่ของแม่จระเข้จึงเป็นการวางไข่โดยปราศจากผสมจากเพศผู้

ความชุกชุมจากกล้องดักถ่ายภาพ

ผลการศึกษาจากการติดตั้งกล้องดักถ่ายสัตว์ป่าอัตโนมัติจำนวน 10 ตัวทั้งหมด 10 ตำแหน่ง (Figure 1) เป็นระยะเวลา 242 วัน คิดเป็นจำนวนกับดักคืนทั้งหมด 1,988 กับดักคืน (trap night) สามารถบันทึกภาพจระเข้เข้าจืดได้ทั้งหมดจำนวน 41 ภาพ ได้ภาพจระเข้เข้าจืดที่เป็นอิสระต่อกันทั้งหมด 33 ภาพ ผลการศึกษสามารถคาดการณ์จำนวนตัวจระเข้เข้าจืดในพื้นที่ ได้เพียง 4 ตัวที่ไม่ซ้ำกัน (Figure 2A) ประเมินความมากมายสัมพันธ์ของจระเข้เข้าจืดโดยใช้ค่าความมากมายสัมพันธ์ โดยใช้ข้อมูลจากกล้องดักถ่ายสัตว์ป่าอัตโนมัติ สามารถบันทึกภาพจระเข้เข้าจืด ได้ 41 ภาพ จากจุดติดตั้งกล้องดักถ่ายสัตว์ป่าอัตโนมัติ จำนวน 3 จุดติดตั้ง จากทั้งหมด 10 จุดติดตั้ง คิดเป็นร้อยละ 30 ของจำนวนตำแหน่งกล้องดักถ่ายทั้งหมด และมีค่าความมากมายสัมพันธ์ ร้อยละ 1.66



(A)



(B)

Figure 1 The distribution of 160X160 pixels or grids that were (A) place along the river; (B) indicates that camera trap locations.

การสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ

ผลการศึกษาดูด้วยอากาศยานไร้คนขับตามพื้นที่ตามตารางที่กำหนด (Figure 1A) ครอบคลุมระยะทางตามลำน้ำเพชรบุรี รวม 5 ครั้งของการสำรวจรวมระยะทางการสำรวจ

10.56 กิโลเมตร เฉลี่ยได้ระยะทางการบิน 2.11 กิโลเมตร/ครั้ง สามารถถ่ายภาพได้ทั้งหมด 426 ภาพ ครอบคลุมพื้นที่รวม 30.05 ตารางกิโลเมตร เมื่อนำภาพถ่ายที่ได้ทั้งหมดมาจำแนกสามารถจำแนกจระเข้เข้าจืด 1 ตัว (Figure 2B)

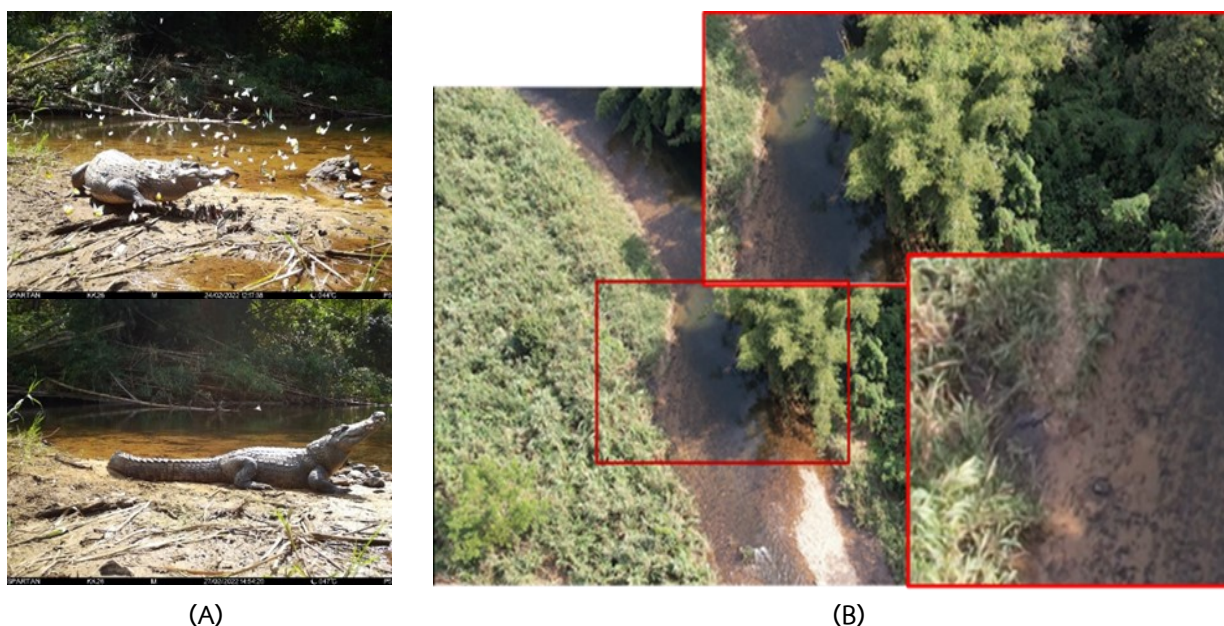


Figure 2 Example of (A) Siamese crocodile photograph captured through a camera trap in Sub-Choom Hed and (B) Siamese crocodile photographed using the unmanned aerial vehicles survey.

พื้นที่อาศัยของจระเข้แม่น้ำจืด

พิจารณาผลการศึกษาพื้นที่อาศัยที่เหมาะสมของจระเข้แม่น้ำจืด (Figure 3) พบว่าบริเวณพื้นที่ศึกษาตามลำแม่น้ำเพชรบุรีนับตั้งแต่บริเวณน้ำตกทอทิพย์ หน่วยพิทักษ์ป่าเขาพะเนินทุ่งจนถึงหน่วยพิทักษ์ป่าแม่สะเลียง ระยะทางประมาณ 35 กิโลเมตรเป็นพื้นที่ที่มีปัจจัยทางนิเวศที่เหมาะสมต่อการเป็นถิ่นที่อยู่อาศัยของจระเข้แม่น้ำจืดอยู่ในระดับสูง และเมื่อพิจารณาแม่น้ำในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานแสดงให้เห็นว่าบริเวณแม่น้ำบางกลอย และบางส่วนของห้วยแม่สะเลียงและบริเวณต้นน้ำของห้วยแม่ประโดนรวมถึงบริเวณอ่างเก็บน้ำแก่งกระจานด้วย มีพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของจระเข้แม่น้ำจืดอยู่ในระดับเล็กน้อย ตามลำดับ โดยได้ทำการจัดกลุ่มถิ่นอาศัยที่เหมาะสมของจระเข้แม่น้ำจืดเป็น 5 ระดับ ได้แก่เหมาะสมมาก (สีแดง) (1.00–0.75) ค่อนข้างเหมาะสม (สีเหลือง) 0.74–0.51 เหมาะสมปานกลาง (สีเขียว) (0.50–0.26) เหมาะสมเล็กน้อย (สีฟ้า) (0.25–0.10) และไม่เหมาะสม (สีดำ) (0.09–0.00) ผลการวิเคราะห์พบความน่าเชื่อถือของค่าได้เส้นโค้งมีค่า 0.99 ซึ่งหมายถึงความน่าเชื่อถือในระดับสูงมาก (Figure 4A) เมื่อพิจารณาผลการศึกษา (Figure 4 B, C) พบว่าความลาดชันริมลำห้วย มีอิทธิพลต่อการปรากฏของจระเข้แม่น้ำจืดทางบวกมากที่สุด รองลงมาคือระดับความสูง ซึ่งหมายถึงพื้นที่

ตามริมฝั่งแม่น้ำเพชรบุรี และสภาพป่าที่ปกคลุมทั้งป่าผลัดใบและป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งเป็นผลในทางบวก ขณะที่ตัวแปรที่มีผลต่อการปรากฏของจระเข้แม่น้ำจืดทางลบยังได้แก่ การทำการเกษตรทั้งไม้ผล พืชสวน พืชไร่ ซึ่งเป็นกิจกรรมมนุษย์มีผลทางลบต่อการปรากฏของจระเข้แม่น้ำจืด สามารถสรุปว่าระยะทางห่างจากจากแม่น้ำซึ่งเป็นตัวแปรหลักในการพิจารณาความเหมาะสมของที่อยู่อาศัยของจระเข้แม่น้ำจืดในแม่น้ำเพชรบุรี สิ่งเหล่านี้ได้รับผลกระทบจากความผันผวนของสภาพอากาศ ที่มีผลต่อปริมาณน้ำในแม่น้ำ รวมถึงกิจกรรมมนุษย์ในพื้นที่ ที่อาจก่อความขัดแย้งระหว่างจระเข้แม่น้ำจืดกับชุมชนในพื้นที่ในเรื่องทรัพยากรการเพาะปลูก การใช้แหล่งน้ำ การประมงพื้นบ้าน การใช้สารเคมี มีผลรบกวนการเดินทางของจระเข้แม่น้ำจืดระหว่างพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่แยกจากกันระหว่างฤดูกาล ที่พบมากขึ้นในฤดูแล้ง และตามสถานการณ์ภัยแล้ง ดังนั้น นอกเหนือจากการแก้ไขพื้นที่ของพื้นที่คุ้มครองและการอนุรักษ์แหล่งที่อยู่อาศัยแล้ว การเพิ่มการตรวจสอบติดตามพลวัตรประชากร การป้องกันถิ่นอาศัย การฟื้นฟูประชากรด้วยการปล่อยกลับสู่ธรรมชาติตามคำแนะนำของ IUCN/SSC (2013) (guidelines for reintroductions and other conservation translocations) เป็นสิ่งที่จำเป็นต้องเร่งดำเนินการ การประชาสัมพันธ์ การศึกษาสาธารณะ ตลอดจนการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นในการดำเนินการอนุรักษ์

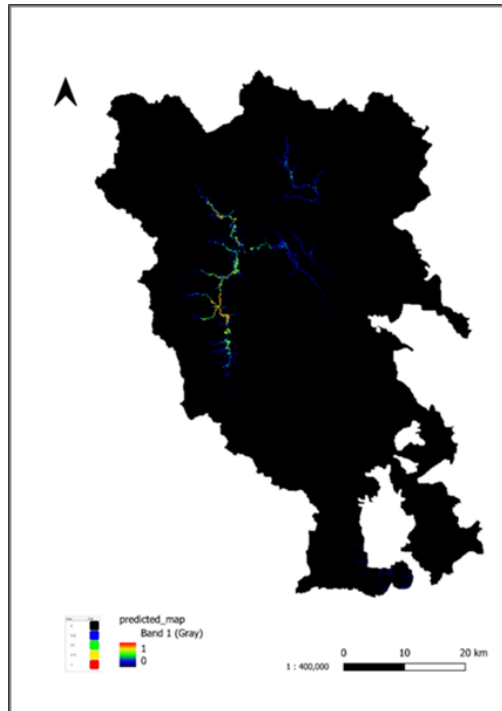


Figure 3 Thematic suitability model map of KKNP for the Siamese crocodile: black are the areas with low suitability, while the ones in red indicate high suitability.

การสำรวจครั้งนี้ พบเห็นจระเข้ตัวเต็มวัยโดยตรงที่มีลักษณะอ้วน ขนาดความยาวลำตัวประมาณ 2 เมตรบริเวณซุ่มเห็ด และพบจระเข้ตัวเต็มวัย ลักษณะผอมความยาวประมาณ 2 เมตรบริเวณวังช้า และได้ภาพจากทั้งสองจุดซึ่งห่างกันประมาณ 25 กิโลเมตร ในระยะเวลาห่างกัน 4 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาขนาดของจระเข้จากกองมูลพบว่า จระเข้ที่คำนวณขนาดความยาวทั้งหมดได้ 393.42 เซนติเมตร และ 357.16 เซนติเมตร นั้นเนื่องจากเป็นจระเข้ต่างตัวกันที่มีระยะห่างการพบมากกว่า 20 กิโลเมตร ผลการศึกษาไม่พบจระเข้ในน้ำจืดวัยรุ่นหรือจระเข้ขนาดเล็ก แม้ว่าผลการศึกษายืนยันการดำรงอยู่ของจระเข้ในน้ำจืดได้ว่ามีประชากรอย่างน้อย 4 ตัว แต่การไม่พบจระเข้ขนาดเล็กหรือลูกจระเข้ แม้พบการทำรังวางไข่แต่ไม่พบว่ามีฟักออกเป็นตัวอ่อนซึ่งหมายถึงความไม่มีเสถียรภาพของประชากร และมีความเสี่ยงสูงในการสูญหายไปจากพื้นที่ หากพิจารณาจากรายงานของ Ratanakorn *et al.* (2021) ที่รายงานผลการศึกษาจำนวนและการกระจายของจระเข้ในบึงบอระเพ็ด จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2561 ด้วยวิธีส่องไฟในเวลากลางวันและสำรวจด้วยเรือยนต์ พบจระเข้อย่างน้อย 17 ตัว โดยมีความหนาแน่น 2.24 ตัวต่อตารางกิโลเมตร

จำนวนประชากรจระเข้ในบึงบอระเพ็ดที่คำนวณได้ประมาณ 17-37 ตัว กิจกรรมของมนุษย์ส่งผลโดยตรงต่อการพบจระเข้ซึ่งเปรียบเทียบกับผลการศึกษาพบจระเข้จำนวนน้อยมากที่อาศัยอยู่ในแม่น้ำเพชรบุรี มีอัตราการพบมูลเพียง 0.08 ต่อกิโลเมตร ยืนยันถึงจำนวนประชากรและโอกาสในการฟื้นฟูประชากรตามธรรมชาติของจระเข้ในน้ำจืดในบริเวณพื้นที่ศึกษาว่าน้อยมาก การจัดการด้วยวิทยาการความรู้เป็นสิ่งจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วน นอกจากนี้ควรมีการศึกษาประชากรปลาในแม่น้ำเพชรบุรี ที่เป็นเหยื่อหลักของจระเข้ในน้ำจืด เพื่อนำมาใช้ควบคู่กับการจัดการประชากรและถิ่นอาศัย รวมถึงการศึกษาชนิดและจำนวนสัตว์ป่าที่อาศัยอยู่ตามลำน้ำซึ่งมีโอกาสที่เป็นเหยื่อของจระเข้ตามธรรมชาติ (Chitchamnong *et al.*, 2016) การทำความเข้าใจในหลักการและเหตุผลเพื่อให้เกิดการยอมรับจากชุมชนท้องถิ่นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการวางแผนการจัดการอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน รวมถึงการพิจารณาผลกระทบของกิจกรรมมนุษย์ การสร้างระบบสาธิตอุปโภคที่อาจมีผลกระทบต่อถิ่นอาศัยและประชากร โดยเฉพาะพื้นที่ตามริมลำแม่น้ำเพชรบุรีภายในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ที่ต้องได้รับการพิจารณาว่าเป็นพื้นที่สำคัญสูงสุดสำหรับการอนุรักษ์จระเข้ในน้ำจืดของประเทศต่อไป

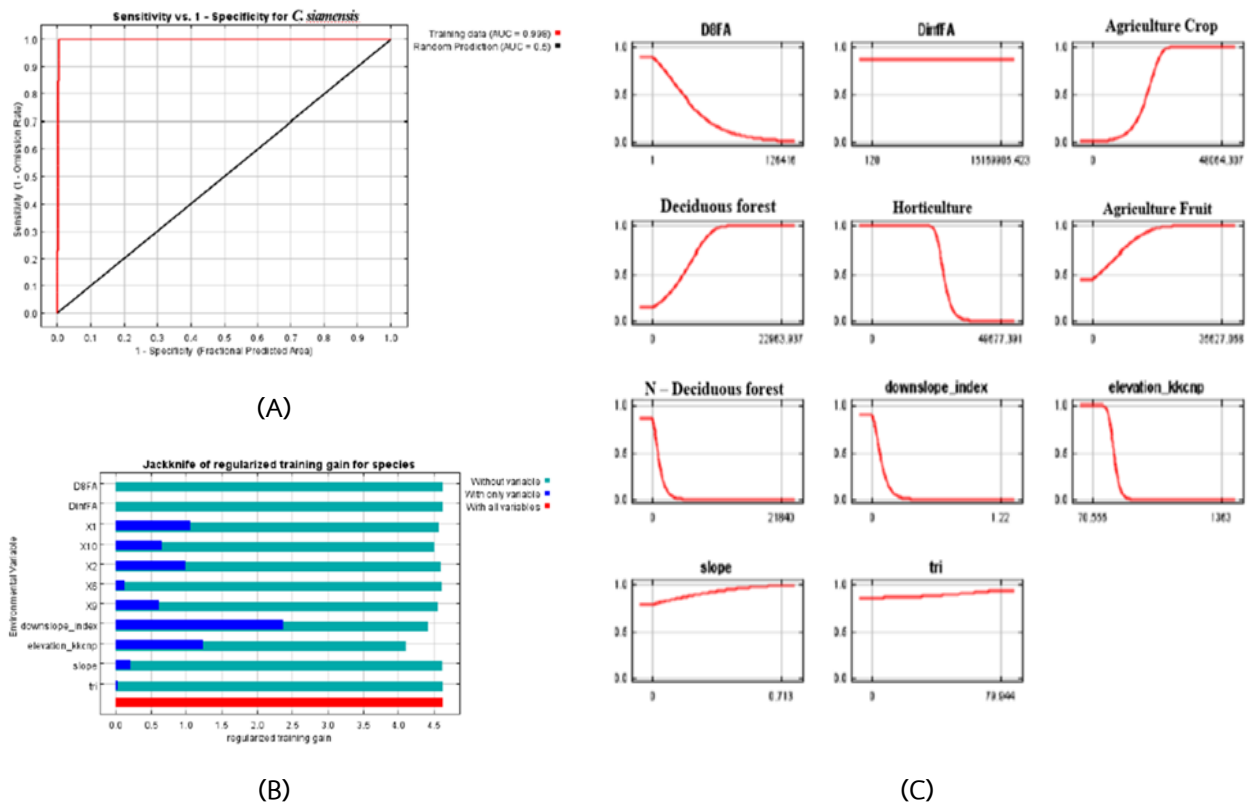


Figure 4 (A) Area Under Curve (AUC); (B) Jackknife test results indicating key model variables and (C) correlation analysis of the chances of a crocodile encounter in the study area with physical environmental factors of the area.

ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ตามลำน้ำสาขาของแม่น้ำเพชรบุรีก็มีศักยภาพในการอนุรักษ์จระเข้น้ำจืดเช่นเดียวกัน ดังนั้นการขยายพันธุ์จระเข้ในสถานที่เพาะเลี้ยงแล้วนำกลับมาปล่อยเพื่อฟื้นฟูประชากรในพื้นที่ตามแนวทางของ IUCN/SSC (2013) เป็นสิ่งจำเป็นต้องดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์ การดำเนินการตามมาตรการตามระบบป้องกันเฝ้าระวังปัจจัยคุกคามต่อจระเข้น้ำจืด โดยเฉพาะตามลำน้ำเพชรบุรีในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานเป็นโครงการที่มีความสำคัญอันดับแรก ซึ่งจำเป็นต้องดำเนินการก่อนจึงสามารถดำเนินการเพิ่มประชากรด้วยการปล่อยสุทธรมชาติได้ โดยพื้นที่ลุ่มน้ำเพชรบุรีในเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ที่สามารถพัฒนาเป็นพื้นที่อนุรักษ์จระเข้ตามธรรมชาติของประเทศ ควรทำการติดตามศึกษาประชากรอย่างต่อเนื่องเพื่อติดตามพลวัตประชากรตลอดจนเสริมสร้างการมีส่วนร่วมของชุมชน (Ratanakorn *et al.*, 2022) เพื่อระบบเพื่อการอนุรักษ์อย่างยั่งยืนบนฐานทางวิทยาศาสตร์ต่อไป

สรุป

จระเข้น้ำจืดมีความสำคัญต่อระบบนิเวศ การหมุนเวียนถ่ายทอดพลังงาน พลวัตประชากรของสัตว์ป่าชนิดอื่นในแหล่งน้ำ และในพื้นที่ ที่สัมพันธ์กันทั้งสัตว์ป่าขนาดใหญ่และขนาดเล็ก ก่อให้เกิดความสมบูรณ์ยั่งยืน การรักษาความหลากหลายทางชีวภาพตลอดจนการบริการของระบบนิเวศในแหล่งน้ำจืดมิให้เสื่อมคุณค่า จระเข้น้ำจืดเป็นสัตว์ป่าที่อยู่ในภาวะใกล้สูญพันธุ์อย่างยิ่งของโลกจึงต้องมีมาตรการจัดการ การอนุรักษ์ที่มีประสิทธิภาพเพื่อปกป้อง ฟื้นฟูประชากร การรักษาที่อยู่อาศัย การเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ การให้ความรู้แก่สาธารณะเกี่ยวกับความสำคัญของจระเข้น้ำจืด สิ่งเหล่านี้มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องดำเนินการบนพื้นฐานความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาด้วยวิธีการต่างๆ พบการปรากฏของจระเข้น้ำจืดในแม่น้ำเพชรบุรี พบกองมูลครั้งนี้ 18 ครั้ง ที่พบร่องรอย 8 ครั้ง รวมที่พบทั้งหมด 26 ครั้ง คิดเป็นการพบ 0.08 ครั้ง/กิโลเมตร พบจากภาพถ่าย 41 ภาพ จาก 10 ตำแหน่งกล้องดักถ่ายภาพ

ได้ค่าความมากมายสัมพันธ์ ร้อยละ 1.66 และที่ได้จากการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับ 1 ครั้ง หากรวมจำนวนครั้งที่พบจะเข้าวิธีการรวม 68 ครั้ง คิดเป็นอัตราการพบจะเข้ น้ำจืด ด้วยอัตราการพบรวม 0.22 ครั้งต่อกิโลเมตร ผลการศึกษาพบการทำรังวางไข่ของจะเข้ น้ำจืด พบไข่จำนวน 16 ฟองจากการตรวจสอบพบว่าเป็นไข่ที่ไม่มีการฟัก เนื่องจากไม่ได้รับการปฏิสนธิทั้ง 16 ฟอง ผลการวิเคราะห์พบความน่าเชื่อถือของค่าพื้นที่ใต้เส้นโค้ง มีค่า 0.99 ซึ่งหมายถึงความน่าเชื่อถือในระดับสูงมาก พบว่าความลาดชันริมลำห้วย มีอิทธิพลต่อการปรากฏของจะเข้ น้ำจืดทางบกมากที่สุด รองลงมาคือระดับความสูง ซึ่งหมายถึงพื้นที่ตามริมฝั่งแม่น้ำเพชรบุรี และสภาพป่าที่ปกคลุมทั้งป่าผลัดใบ และป่าไม่ผลัดใบ ซึ่งเป็นผลในทางบวก ขณะที่ตัวแปรที่มีผลต่อการปรากฏของจะเข้ น้ำจืดทางลบกยังได้แก่ การทำการเกษตรทั้งพืชสวน พืชไร่ ซึ่งเป็นกิจกรรมมนุษย์มีผลทางลบต่อการปรากฏของจะเข้ น้ำจืด

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการศึกษายืนยันถึงความสำคัญของพื้นที่ราบริมลำแม่น้ำเพชรบุรี จึงต้องมีการป้องกัน ประชาสัมพันธ์ในการรักษาพื้นที่ เพื่อลดการรบกวน ให้เป็นที่ยอาศัย เพื่อการอนุรักษ์จะเข้ น้ำจืดที่สำคัญของประเทศต่อไป
2. ควรดำเนินการศึกษาติดตามประชากร พลวัตประชากรจะเข้ น้ำจืดอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการใช้อากาศยานไร้คนขับเป็นวิธีการติดตามที่เหมาะสมในพื้นที่
3. ควรดำเนินการโครงการฟื้นฟูประชากรจะเข้ น้ำจืดด้วยการขยายพันธุ์ และการปล่อยกลับคืนสู่ธรรมชาติในแม่น้ำเพชรบุรีในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน เพื่อเพิ่มจำนวนประชากร เพื่อการรักษาจำนวนประชากรจะเข้ น้ำจืดในพื้นที่ให้คงอยู่ต่อไป

คำนิยม

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะวนศาสตร์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ข้าพเจ้าตลอดระยะเวลาการศึกษา ขอขอบพระคุณนายอิทธิพล ไทยกมล และนายสมเจตน์ จันทนา หัวหน้าอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน และขอบคุณเป็นอย่างสูงสำหรับผู้สนับสนุนทุนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยสมาคมอนุรักษ์สัตว์ป่า Wildlife Conservation Society (WCS) ประเทศไทย ดร.อนรรฆ พัฒนวิบูลย์ ผ่านโครงการกองทุน The Mohamed bin Zayed Species Conservation

Fund รวมถึงเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน โดยเฉพาะฝ่ายศึกษาและวิจัยอุทยานแห่งชาติ ที่ให้ความช่วยเหลืออำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนามมาโดยตลอด สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ญาติพี่น้องที่ดูแล ให้กำลังใจ และ ให้โอกาสในการศึกษาเล่าเรียน

REFERENCES

- Brazaitis, P. 1973. The identification of living crocodilians. *Zoologica*, 58: 59–101.
- Bezuijen, M.R, Simpson, B., Behler, N., Daltry, J.C., Tempsiripong, Y. 2012. *Crocodylus siamensis*. In The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. www.iucnredlist.org/details/5671/0, 22 June 2023.
- Bezuijen, M.R., Cox, J.H., Thorbjarnarson, J.T., Phothitay, C., Hedemark, M., Rasphone, A. 2013. Status and conservation of Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) in Laos. *Journal of Herpetology*, 47: 41–65.
- Chitchamnong, W., Bhumpakphan, N., Sukmasuang, R. 2016. Some ecological aspects of the Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary. *Journal of Wildlife in Thailand*, 23(1): 77-89. (in Thai)
- Cottee-Jones, H.E.W., Whittaker, R.J. 2012. The keystone species concept: a critical appraisal. *Frontiers of Biogeography*, 4(3): 117-127.
- Daltry, J.C., Dany, C., Phal, E., Mora, P., Han, S., Pisith, S., Thara, T., Simpson, B. 2003. Status of the Siamese Crocodile in the Central and Southern Cardamom Mountains, Cambodia. Findings of Recent Kropeu Phnom Surveys. Fauna and Flora International Cambodia Programme and Department of Forestry and Wildlife, Phnom Penh, Cambodia.
- Grigg, G., Kirshner, D. 2015 *Biology and Evolution of Crocodylians*. Cornell Press, Ithaca, New York, USA.

- Han, S., Leng, H., Ratanapich, N., Piseth, S., Sovannara, H., Simpson, B., Starr, A., Brook, S., Frechette, J.L., Daltry, J.C. 2015. Status, distribution and ecology of the Siamese crocodile *Crocodylus siamensis* in Cambodia. **Cambodian Journal of Natural History**, 2015(2): 153–164.
- IUCN. 2023. **Siamese Crocodile**. Available source: <https://www.iucnredlist.org/species/5671/3048087>, 22 June 2023.
- IUCN/SSC. 2013. **Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations**. Version 1.0. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission, Switzerland.
- Kanwatanakid-Savini, C., Plisungnoen, M., Pattanavibool, A., Thorbjarnarson, J.B., Limlikhitaksorn, C., Platt, S.G. 2012. A survey to determine the conservation status of Siamese crocodiles in Kaeng Krachan National Park, Thailand. **Herpetological Conservation and Biology**, 7(2): 157–168.
- Karanth, K.U. 1995. Estimating tiger *Panthera tigris* populations from camera-trap data using capture-recapture models. **Biological Conservation**, 71: 333–338.
- Khumseemuang, N., Bhumpakphan, N., Sukmasuang, R. 2019. Habitat suitability of upper Huai Palan Suea Reservoir, Phu Chong Nayoi National Park, Ubon Ratchathani province for Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) restoration. **Thai Journal of Forestry**, 38 (1): 24-35. (in Thai)
- Kreetiyutanont, K. 1993. Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) in Khao Ang Ru Nai Wildlife Sanctuary. **Natural History Bulletin of the Siam Society**, 41: 135-137.
- Mendoza, E., Martineau, P.R., Brenner, E., Dirzo, R. 2011. A novel method to improve individual animal identification based on camera-trapping data. **Journal of Wildlife Management**, 75: 973–979.
- Muslim, T. Suba, R.B. 2021. **A Preliminary Survey of Siamese Crocodile Habitat Preferences**. Joint Symposium on Tropical Studies (JSTS-19), Atlantis Press, Cambridge, United Kingdom.
- Nair, T., Thorbjarnarson, J.B., Aust, P., Krishnaswamy, J. 2012. Rigorous gharial population estimation in the Chambal: implications for conservation and management of a globally threatened crocodilian. **Journal of Applied Ecology**, 49: 1046–1054.
- O'Brien, T.G., Kinnaird, M.F., Wibisono, H.T. 2003. **Crouching Tigers, Hidden Prey: Sumatran Tiger and Prey Populations in a Tropical Forest Landscape**. Animal Conservation Forum. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Pauwels, O.S.G., Chan-ard, T. 2006. Reptile diversity of Phetchaburi Province, western Thailand: an update. **Natural History Bulletin of the Siam Society**, 54(1): 89-108.
- Platt S.G., Elsey, R.M., Bishop, N.D., Rainwater, T.R., Thongsavath, O., Labarre, D. 2020. Using scat to estimate body size in crocodilians: Case studies of the Siamese crocodile and American alligator with practical applications. **Herpetological Conservation and Biology**, 15(2): 325-334.
- Platt, S.G., McCaskill, L., Rainwater, T.R., Tamsiripong, Y., As-silkily, M., Simpson, B.K. Bezuijen, M.R. 2019. Siamese crocodile *Crocodylus siamensis*. In S.C. Manolis, C. Stevenson, eds. **Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan**. Darwin, Australia, pp. 1-13.
- Platt, S.G., Lynam, A.J., Tamsiripong, Y. Kampanakngarn, M. 2002. Occurrence of the Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) in Kaeng Krachan National

- Park, Thailand. **Natural History Bulletin of the Siam Society**, 50(1): 7-14.
- Platt, S.G., Monyrath, V., Sovannara, H., Kheng, L. Rainwater, T.R. 2012. Nesting phenology and clutch characteristics of captive Siamese crocodiles (*Crocodylus siamensis*) in Cambodia. **Zoo Biology**, 30: 1-12.
- Mobaraki, A., Erfani, M., Abtin, E., Ataie, F. 2018. Assessing habitat suitability of the mugger crocodile using maximum entropy. **Environmental Sciences**, 16(4), 47-62.
- Ratanakorn, P., Chamsai, T., Sedwisai, P., Sujittosakul, T., Lapjatuporn, T., Wongluechai, P., Tiyanun, E., Kunsorn, A., Puangdee, S., Chooma, T. 2022. Population assessment of crocodiles in Bueng Boraphet, Thailand. **Journal of Applied Animal Science**, 14(2): 21-32.
- Sam, H., Hor, L., Nhek, R., Sorn, P., Heng, S., Simpson, B., Starr, A., Brook, S., Frechette, J. L. Daltry, J.C. 2015. Status, distribution and ecology of the Siamese crocodile *Crocodylus siamensis* in Cambodia. **Cambodian Journal of Natural History**, 2015(2): 153-164.
- Simpson, B.K. 2006. **Siamese Crocodile Survey and Monitoring Handbook: An Introduction for Conservation Workers in Cambodia**. Fauna & Flora International, Cambodia Programme, Cambodia.
- Smith, M.A. 1919. *Crocodylus siamensis*. **Journal of the Natural History Society of Siam**, 3: 217-222.
- Sollmann, R., Mohamed, A., Samejima, H., Wilting, A. 2013. Risky business or simple solution – Relative abundance indices from camera-trapping. **Biological Conservation**, 159: 405-412.
- Somaweera, R., Nifong, J., Rosenblatt, A., Brien, M.L., Combrink, X., Elsey, R.M., Grigg, G., Magnusson, W.E., Mazzotti, F.J., Percy, A., Platt, S.G., Shirley, M.H., Tellez, M., van der Ploeg, J., Webb, G., Whitaker, R., Webber, B.L. 2020. The ecological importance of crocodylians: towards evidence-based justification for their conservation. **Biological Reviews**, 95(4): 936-959.
- Sudrajat, S., Saleh, H.A. 2019. The potential of Mesangat Lake, East Kutai, Indonesia as an essential ecological area for habitat conservation of critically endangered *Crocodylus siamensis*. **Biodiversitas**, 20(11): 3126-3133.
- Thapa, G.J., Thapa K., Thapa, R., Jnawali, S.R., Wich, S.A., Poudyal, L.P., Karki, S. 2018. Counting crocodiles from the sky: monitoring the critically endangered gharial (*Gavialis gangeticus*) population with an unmanned aerial vehicle (UAV). **Journal of Unmanned Vehicle Systems**, 6(2): 71-82.
- Temsiripong, Y. 2001. Reintroduction of the Siamese crocodile. **Crocodile Specialist Group Newsletter**, 20(1): 10-12.
- UNESCO World Heritage Centre. 2023. **Kaeng Krachan Forest Complex**. <https://whc.unesco.org/en/list/1461/>, 22 June 2023.

นิพนธ์ต้นฉบับ

มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าในป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์

ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี

The Utilization Value of Non-timber Forest Products at the Ban Pang Sawan Community Forest, Khok Khwai Sub-district, Ban Rai District, Uthai Thani Province

บุญยวัจน์ มีสมคิด^{1,2}Punyawat Meesomkid^{1,2}สันติ สุขสอาด^{1*}Santi Suksard^{1*}อภิชาติ ภัทรธรรม¹Apichart Pattaratuma¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

²กรมป่าไม้ ลาตยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 20 มิถุนายน 2566

รับแก้ไข 17 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 25 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

This study aimed to examine the socio-economic utilization value of non-timber forest products and their processing into commodities for the people living in the Ban Pang Sawan Community, Khok Kwai Sub-district, Ban Rai district, Uthai Thani province. Data was obtained by interviewing 94 household heads or representatives and were evaluated using statistical analysis which included frequency, percentage, minimum, maximum, and mean.

The results indicated that most of the people utilizing the non-timber forest products in Ban Pang Sawan community were male (67.0%), with an average age about 51.7 years, among which 58.5% had elementary school education. The main occupation was agriculture, (51.1%), with an average household income of 139,825.70 Baht/year and an average expenditure of around 103,881.80 Baht/year. The average land holding was 5.7 rai, with 46.8% of the individuals having some debt. In total, 10 types of non-timber forest products used were firewood, bamboo, bamboo shoots, wild fruits, wild vegetables, mushrooms, tuber crops, insects, and insect products, small animals and medicinal plants with an estimated total net value of 632,653.50 Baht/year or 6,730.50 Baht/year/household. Mushroom collection had a net value of 202,547.00 Baht/year or 2,154.80 Baht/year/household. Among the surveyed individuals, 34% faced some issues in gathering non-timber forest products. Within the individuals, 43.6% of them did non-timber forest products processing which included charcoal, pickled bamboo shoots and pickled mushrooms with fish sauce, and were valued at 12,424.80, 86,170.00, and 40,000.00 Baht/year, respectively. These processed goods were used in the household, for sale, and for additional income generation in the household. Therefore, government agency units should promote the processing of non-timber forest products for household utilization as a source of additional household income.

Keywords: Community forest; Non-timber forest products; Utilization value

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม มูลค่าการใช้ประโยชน์จากของป่าและการแปรรูปของป่าเป็นสินค้าของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านปางสวรรค์ ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูลหัวหน้าครัวเรือนที่อาศัยอยู่บ้านปางสวรรค์ทั้งหมด จำนวน 94 ครัวเรือน หรือผู้แทนครัวเรือนวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ย

ผลการศึกษาพบว่า ราษฎรที่มีการใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ ส่วนใหญ่เป็นเพศชาย ร้อยละ 67.0 มีอายุเฉลี่ย 51.7 ปี จบการศึกษาระดับประถมศึกษา ร้อยละ 58.5 ประกอบอาชีพหลักเกษตรกร ร้อยละ 51.1 รายได้เฉลี่ย 139,825.70 บาท ต่อปี มีรายจ่ายเฉลี่ย 103,881.80 บาทต่อปี ราษฎรมีหนี้สิน ร้อยละ 46.8 ของรายได้ และมีที่ดินเฉลี่ย 5.7 ไร่ มีการเก็บหาของป่ามาใช้ประโยชน์ทั้งสิ้น 10 ประเภท ได้แก่ ไม้พื้น ไม้ไผ่ หน่อไม้ผลไม้ป่า พืชผักป่า เห็ด พืชกินหัว แมลงและผลผลิตจากแมลง สัตว์ขนาดเล็ก และสมุนไพร มีมูลค่าสุทธิทั้งหมด 632,653.50 บาทต่อปี หรือ 6,730.50 บาทต่อปีต่อครัวเรือน โดยเห็ดมีมูลค่าสุทธิสูงสุด 202,547.00 บาทต่อปี หรือ 2,154.80 บาทต่อปีต่อครัวเรือน ราษฎรร้อยละ 34.0 มีปัญหาและอุปสรรคในการเก็บหาของป่า ราษฎรมีการแปรรูปของป่า ร้อยละ 43.6 โดยแปรรูปเป็นถ่าน หน่อไม้ดอง และเห็ดโคนดองน้ำปลา มีมูลค่า 12,424.80, 86,170.00 และ 40,000.00 บาทต่อปี ตามลำดับ สำหรับใช้ในครัวเรือน และเพื่อจัดจำหน่าย ดังนั้นหน่วยงานของรัฐควรส่งเสริมการแปรรูปของป่าเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน และเพื่อเป็นรายได้เสริมให้กับครัวเรือน

คำสำคัญ: ป่าชุมชน ของป่า มูลค่าการใช้ประโยชน์

คำนำ

บ้านปางสวรรค์มีพื้นที่ทั้งหมด 10,065 ไร่ โดยเป็นพื้นที่เกษตร 9,175 ไร่ โดยส่วนใหญ่จะปลูกอ้อย สับปะรด มันสำปะหลัง สวนผลไม้ เช่น ฝรั่ง ส้มโอ มะนาว สวนผัก และทำนาข้าว (Royal Forest Department, 1988) มีการทำแปลงเกษตรผสมผสานซึ่งเป็นพื้นที่ตัวอย่างในชุมชนเพื่อทำการปรับเปลี่ยนแทนพืชเชิงเดี่ยวที่มีปัญหาขาดทุนและปัญหาด้านการใช้สารเคมีที่ส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ดิน และแหล่งน้ำ โดยมีอ่างเก็บน้ำ 130 ไร่ ติดกับป่าชุมชน ทำหน้าที่เป็นแหล่งเก็บน้ำ จัปหาสัตว์น้ำ นอกจากนี้ชาวบ้านยังได้จัดทำประปาภูเขา โดยมีต้นน้ำจากสันเขาที่ติดเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง และต้นน้ำดังกล่าวยังเป็นแหล่งต้นน้ำของคลองท่าม่วงที่ไหลผ่านชุมชน มีการจัดการน้ำโดยสร้างฝายกักเก็บน้ำ ฝายบังคับน้ำเพื่อจัดสรรแบ่งปันน้ำใช้ในพื้นที่เกษตร และป่าชุมชนมีเนื้อที่ 760 ไร่ โดยป่าชุมชนเป็นพื้นที่ในเขตรับผิดชอบของทหารที่ขอใช้ประโยชน์พื้นที่กับกรมป่าไม้ แต่ชุมชนมีการจัดการดูแลพื้นที่ป่าชุมชนมีคณะกรรมการป่าชุมชน ควบคุมกฎระเบียบในการบริหารจัดการป่าชุมชนร่วมกัน ป่าชุมชนเป็นแหล่งเก็บหาของป่า (non-timber forest product; NTFPs) เช่น หน่อไม้ เห็ดโคน ผักหวาน และไม้ใช้สอยต่าง ๆ ของราษฎรบ้านปางสวรรค์ ป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์มีสภาพเป็นเกาะรอบล้อมด้วยที่ทำกินไร่

อ้อย สับปะรด มันสำปะหลัง และยางพารา ห่างจากป่าสงวนแห่งชาติป่าห้วยทับเสลาและป่าห้วยคอกควาย 100–1,000 เมตร และห่างจากแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง 5–7 กิโลเมตร ป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ เป็นป่าเบญจพรรณ มีไผ่รวกเป็นไม้พื้นล่าง มีสัตว์ป่าออกมาใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าชุมชน เช่น เลียงผา เก้ง หมูป่า เป็นต้น ซึ่งออกมาทุกฤดูกาล นอกจากนี้ ยังพบเสือโคร่งในช่วงฤดูฝนส่วนกระต่ายกวาง หน่อไม้บริเวณชายป่าชุมชน โดยสัตว์ป่ามักออกมาหากินตามลำห้วยเล็ก ๆ บริเวณสวนยางพารา นอกจากนี้ยังพบว่าพื้นที่ป่าชุมชนยังเป็นพื้นที่ที่สัตว์ป่าใช้เลี้ยงลูกเล็ก ได้แก่ เลียงผา และเก้ง (Community Forestry Center for People and Forests, 2017) ของป่าในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์มีบทบาทสำคัญกับราษฎรบ้านปางสวรรค์ที่สามารถเข้าไปใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่า เพื่อใช้สอยในครัวเรือน และสร้างรายได้เสริมให้แก่ครัวเรือนสอดคล้องกับการศึกษาของ Puangmalee and Suksard (2014) และ Petchdee and Suksard (2018) ศึกษาการใช้ประโยชน์ของป่าและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าในพื้นที่ป่า สำหรับปัญหาสำคัญของการใช้ประโยชน์จากป่าของชุมชนบ้านปางสวรรค์โดยเฉพาะการแปรรูปเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มจากของป่าในรูปแบบของการใช้ประโยชน์จากของป่าแบบรักษาความสมดุลทางระบบนิเวศกับ

ระดับการดำรงชีพของราษฎรยังมีน้อย การศึกษาค้นคว้านี้จะทำให้ทราบถึงข้อมูลทางเศรษฐกิจสังคมของราษฎรในชุมชน การใช้ประโยชน์และมูลค่าจากของป่า ตลอดจนการแปรรูปของป่าเป็นสินค้าของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านปางสวรรค์ ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนจัดการของป่าในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ให้มีความเหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการของราษฎร ตลอดจนทำให้ราษฎรตระหนักถึงความสำคัญของป่าที่มีต่อการรักษาสมดุลทางระบบนิเวศกับการดำรงชีพของราษฎร

วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้านี้ เพื่อศึกษาข้อมูลทางเศรษฐกิจ และสังคม มูลค่าการใช้ประโยชน์ของของป่าและเพื่อศึกษาการแปรรูปของป่าเป็นสินค้าของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนบ้านปางสวรรค์ ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี เพื่อส่งเสริมรายได้ให้แก่ราษฎรบ้านปางสวรรค์

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ เช่น ประวัติความเป็นมาและทรัพยากรธรรมชาติของป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ ประชากร และเศรษฐกิจของชุมชน โดยตรวจเอกสารจากหนังสือ งานวิจัย บทความทางวิชาการจากหน่วยงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เป็นการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยการสอบถามจากคณะกรรมการป่าชุมชนเกี่ยวกับการจัดการป่าชุมชนและสัมภาษณ์ครัวเรือนทั้งหมด (census research) ของบ้านปางสวรรค์ จำนวน 94 ครัวเรือน โดยใช้แบบสัมภาษณ์ เก็บข้อมูลจากหัวหน้าครัวเรือนหรือตัวแทนของครัวเรือน แบบสัมภาษณ์ประกอบด้วย ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้รับสัมภาษณ์ ข้อมูลประเภท จำนวนและมูลค่าของป่าที่เก็บมาได้ ข้อมูลประเภท จำนวน และมูลค่าของการแปรรูปของป่าเป็นสินค้ารวมถึงปัญหาและอุปสรรคในการใช้ประโยชน์จากของป่า

การวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้านี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ (quantitative research) นำแบบสัมภาษณ์ที่ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ ดังนี้

1. ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม การใช้ประโยชน์ของป่า และการแปรรูปของป่านำมาข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) เช่น ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percent) ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum)

2. มูลค่าสุทธิจากของป่าที่เก็บมาได้ ประเมินมูลค่าได้จากการเก็บหาของป่าของชาวบ้านที่อาศัยอยู่รอบ ๆ พื้นที่ป่าไม้ ว่าในแต่ละปีมีการเก็บของป่าชนิดใดมาใช้ประโยชน์ในครัวเรือนและขายในตลาดเพื่อนำรายได้เข้าสู่ครัวเรือนโดยใช้มูลค่าสุทธิ (net value) (Suksard, 2006; Puangmalee, 2013; Petchdee and Suksard, 2018) มีรายละเอียดดังนี้

มูลค่าสุทธิจากของป่าที่หามาได้

$$= \text{มูลค่าจากของป่าที่หามาได้} - \text{ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น}$$

โดยมูลค่าจากของป่าที่หามาได้หาได้จากปริมาณของป่าที่ใช้ในครัวเรือนคูณด้วยราคาตลาดของของป่าบวกด้วยปริมาณของป่าที่ขายได้คูณด้วยราคาขาย สำหรับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงหรือคาร์ลโดยสาร และค่าใช้จ่ายที่ไม่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าเสียโอกาสของประชาชนในการเก็บหาของป่า และคำนวณค่าสึกหรอของเครื่องมือหรืออุปกรณ์จะใช้วิธีการคำนวณในรูปของค่าสึกหรอต่อวัน (1-man-day) ซึ่งเป็นสูตรมาตรฐานของ FAO (Houmuangkaew, 2014)

ผลและวิจารณ์

ข้อมูลทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของราษฎร

จากการศึกษาข้อมูลทางเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไปของหัวหน้าครัวเรือนหรือตัวแทนของครัวเรือนของราษฎร มีรายละเอียดดังนี้

เพศ พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่เป็นเพศชายมากกว่า เพศหญิง กล่าวคือ เป็นเพศชาย ร้อยละ 67.0 และเป็นเพศหญิง ร้อยละ 33.0

อายุพบว่า ช่วงอายุของราษฎรที่พบมากที่สุด คือ 41-50 และ 51-60 ปี มีจำนวนเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 26.6 รองลงมาคือช่วงอายุ มากกว่า 60 ปี 31-40 ปี และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 24.5, 18.0 และ 4.3 ตามลำดับ โดยมี

อายุน้อยที่สุด 18 ปี มากที่สุด 89 ปี และอายุเฉลี่ยครัวเรือน 51.7 ปี

ระดับการศึกษา พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่จบการศึกษา ระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 58.5 รองลงมาคือ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ไม่ได้ รับการศึกษาและระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 16.0, 12.8, 10.6 และ 2.1 ตามลำดับ

จำนวนสมาชิกในครัวเรือน พบว่า จำนวนสมาชิกใน ครัวเรือนที่พบมากที่สุด คือ 1-5 คน คิดเป็นร้อยละ 87.2 และมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 6-10 คน คิดเป็นร้อยละ 12.8 โดยมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนน้อยที่สุด 1 คน มากที่สุด 8 คน และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.2 คน

ภูมิลำเนา พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่เกิดในชุมชนที่ตนเอง อาศัยอยู่ คิดเป็นร้อยละ 78.7 รองลงมาอพยพและย้ายมาจาก อำเภออื่นในจังหวัดเดียวกัน (อำเภอเมือง อำเภอห้วยคต อำเภอลานสัก อำเภอหนองขาหย่าง อำเภอทัพทัน) ร้อยละ 13.5 อพยพย้ายมาจากหมู่บ้านอื่นในตำบลเดียวกัน (หมู่บ้านสะนา หมู่บ้านหนองปรือ หมู่บ้านห้วยหนามตะแซ่) ร้อยละ 7.3 และ อพยพย้ายมาจากจังหวัดอื่น ร้อยละ 1.0

ระยะเวลาในการตั้งถิ่นฐาน พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ส่วนใหญ่อยู่อาศัยกันมาตั้งแต่รุ่นบรรพบุรุษ คิดเป็นร้อยละ 78.7 รองลงมาคือย้ายมาตั้งถิ่นฐานใหม่ โดยมีระยะเวลาในการ ตั้งถิ่นฐานในช่วง 34-50 ปี 1-16 ปี และ 17-33 ปี คิดเป็น ร้อยละ 14.9, 4.3 และ 2.1 ตามลำดับ

อาชีพหลัก พบว่าราษฎรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพ เกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 51.1 รองลงมาประกอบอาชีพ รับจ้างทั่วไป ค้าขาย และอาชีพอื่น ๆ (เก็บของเก่า แม่บ้าน พนักงาน บริษัท) คิดเป็นร้อยละ 35.1, 9.6 และ 4.2 ตามลำดับ

อาชีพรอง พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ร้อยละ 52.1 ไม่มี อาชีพรอง และร้อยละ 47.9 มีอาชีพรอง อาชีพรองส่วนใหญ่ ประกอบอาชีพรองเป็นเกษตรกรรม (ทำนา ทำไร่ ทำสวน และปศุสัตว์) มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 16.0 รองลงมา ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป ค้าขาย เก็บหาของป่า และอื่น ๆ (เก็บของเก่า แม่บ้าน พนักงาน บริษัท) คิดเป็นร้อยละ 12.8, 8.5, 6.4 และ 4.2 ตามลำดับ

รายได้ในครัวเรือน พบว่า ครัวเรือนของราษฎรโดยส่วน ใหญ่มีรายได้ในครัวเรือนน้อยกว่า 100,000 บาทต่อปี คิดเป็น ร้อยละ 68.1 รองลงมามีรายได้ในครัวเรือน 100,000-200,000

บาทต่อปี และมากกว่า 200,000 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 24.5 และ 7.4 ตามลำดับ โดยมีรายได้น้อยที่สุด 11,100.00 บาทต่อปี มากที่สุด 1,344,000.00 บาทต่อปี และมีรายได้เฉลี่ย 139,825.70 บาทต่อปี

รายจ่ายในครัวเรือน พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่มีรายจ่าย ในครัวเรือนน้อยกว่า 100,000.0 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 67.0 รองลงมามีรายจ่ายในครัวเรือน 100,000-200,000 บาท ต่อปี และมากกว่า 200,000 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 28.7 และ 4.3 ตามลำดับ โดยมีรายจ่ายน้อยที่สุด 8,660.00 บาทต่อ ปี มากที่สุด 1,200,000.00 บาทต่อปี และมีรายจ่ายเฉลี่ย 103,881.80 บาทต่อปี

สถานะทางการเงิน พบว่า ในครัวเรือนของราษฎรมี หนี้สิน และมีรายได้พอติดกับรายจ่ายจำนวนเท่ากัน คิดเป็น ร้อยละ 46.8 โดยหนี้สินส่วนใหญ่เกิดจากการกู้ยืมจากกองทุน หมู่บ้าน และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร และมีเงินออม คิดเป็นร้อยละ 6.4

การถือครองที่ดิน พบว่าราษฎรส่วนใหญ่มีที่ดิน 1-10 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.2 รองลงมา ไม่มีที่ดิน มีที่ดินมากกว่า 10 ไร่และน้อยกว่า 1 ไร่ คิดเป็น 33.0, 21.3 และ 8.5 ตามลำดับ มีที่ดินถือครองน้อยที่สุด 0.1 ไร่ มากที่สุด 46.0 ไร่ และมีที่ดิน ถือครองเฉลี่ย 5.7 ไร่

การถือครองที่ดิน พบว่า ครัวเรือนส่วนใหญ่มีที่ดินเป็น ของตนเองและเพียงพอต่อความต้องการ คิดเป็นร้อยละ 66.0 และมีที่ดินถือครองแต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ คิดเป็น ร้อยละ 34.0 โดยมีความต้องการที่ดินเพิ่ม 1-10 ไร่ น้อยกว่า 1 ไร่ และมากกว่า 10 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 22.3, 7.5 และ 4.2 ตามลำดับ

การรับรู้ข้อมูลข่าวสารความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารความรู้ เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 54.3 และราษฎรที่เคย ได้รับข้อมูลข่าวสารความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ คิดเป็น ร้อยละ 45.7 โดยผู้ที่ได้รับรู้ข้อมูลข่าวสารเคยได้รับผ่านหลาย

ช่องทาง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ป่าไม้ ผู้นำชุมชน เพื่อนบ้าน โทรทัศน์ วิทยุ อินเทอร์เน็ต และหนังสือคิดเป็นร้อยละ 17.0, 10.7, 7.4, 5.3, 2.1, 2.1 และ 1.1 ตามลำดับ

ความต้องการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ มีความต้องการรับรู้ข้อมูลข่าวสาร

เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 70.9 และไม่ต้องการ
รับข้อมูลข่าวสาร ร้อยละ 29.1

การเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ พบว่า
ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เคยเข้าร่วม กิจกรรมการอนุรักษ์
ทรัพยากรป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 60.6 โดยกิจกรรมการอนุรักษ์ที่
ราษฎรเข้าร่วม คือกิจกรรมการปลูกต้นไม้ในวันสำคัญของทุกปี
ซึ่งจะจัดขึ้นในบริเวณวัด และสถานที่ราชการต่าง ๆ และราษฎร
ที่ไม่เคยเข้าร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้คิดเป็น
ร้อยละ 39.4 โดยส่วนใหญ่ให้เหตุผลว่าไม่มีเวลาว่าง และไม่
ต้องการเข้าร่วมกิจกรรม

การเข้ารับการฝึกอบรมความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์
ทรัพยากรป่าไม้ พบว่า ส่วนใหญ่ไม่เคยได้รับการฝึกอบรม
คิดเป็นร้อยละ 58.5 และ เคยเข้ารับการฝึกอบรม คิดเป็นร้อยละ
41.5 โดยหลักสูตรในการฝึกอบรมที่ราษฎรเข้าร่วมมากที่สุดคือ
โครงการอบรมฟื้นฟูป่า คิดเป็นร้อยละ 18.1 รองลงมา คือ
โครงการปลูกป่าตามแนวพระราชดำริ โครงการปลูกป่าชดเชย
และบำรุงรักษาป่า โครงการเพาะปลูกสมุนไพรที่สำคัญ และ
โครงการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ คิดเป็นร้อยละ 10.6, 5.3, 4.3
และ 3.2 ตามลำดับ

การมีส่วนร่วมในการดูแลรักษาทรัพยากรป่าไม้ใน
ท้องถิ่น พบว่า ส่วนใหญ่เคยมีส่วนร่วมในการดูแลรักษา
ทรัพยากรป่าไม้ในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 79.8 โดยการมีส่วน
ร่วมในการดูแลรักษาทรัพยากรป่าไม้ในท้องถิ่นของราษฎรที่ทำ
กันมากที่สุดคือ เพาะชำกล้าไม้และแจกจ่ายกล้าไม้ คิดเป็น
ร้อยละ 45.7 รองลงมามีส่วนร่วมในการสอดส่องดูแลเป็นหูเป็น
ตาให้เจ้าหน้าที่ป่าไม้เมื่อพบเห็นการกระทำผิดรวมถึงเมื่อเกิดไฟ
ป่าในท้องถิ่น คิดเป็นร้อยละ 34.1 และที่ไม่เคยเข้าร่วม คิดเป็น
ร้อยละ 20.2

การที่ราษฎรได้รับประโยชน์จากป่าจะส่งผลให้ราษฎรมี
ความรักและหวงแหน และต้องการที่จะดูแลรักษาป่ามากขึ้นใช่
หรือไม่ พบว่า ราษฎร ส่วนใหญ่ที่ได้รับประโยชน์จากป่าจะ
ส่งผลให้ราษฎรมีความรักและหวงแหน และต้องการที่จะดูแล
รักษาป่ามากขึ้น คิดเป็นร้อยละ 91.5 และร้อยละ 8.5 ที่มองว่าจะ
ไม่ส่งผลให้ราษฎรมีความรักและหวงแหน และต้องการที่จะ
ดูแลรักษาป่ามากขึ้น เนื่องจากมาตรการดูแลรักษาป่าอาจจะมี
ผลกระทบกับจำนวนการเก็บหาของป่าของราษฎรที่ใช้
ประโยชน์จากของป่า

ปริมาณ และมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า

จากการศึกษาพบว่าราษฎรมีการเก็บหาของป่ามาใช้
ประโยชน์ทั้งสิ้น 10 ประเภท ได้แก่ ไม้พื้น ไม้ไผ่ หน่อไม้
ผลไม้ป่า พืชผักป่า เห็ด พืชกินหัว แผลงและผลผลิตจากแผลง
สัตว์ขนาดเล็ก และสมุนไพร และแบ่งรูปแบบการใช้ประโยชน์
ของป่าออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การใช้ประโยชน์ในครัวเรือน
และเพื่อจำหน่าย มีดังรายละเอียด ดังนี้

ไม้พื้น พบว่าราษฎรร้อยละ 52.1 มีการเก็บหาไม้พื้น
มีปริมาณทั้งหมด 5,177.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด
15,531.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นการใช้ประโยชน์ไม้ใน
ครัวเรือน 3,983.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 11,949.00 บาทต่อปี
และเพื่อจำหน่าย 1,194.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 3,582.00
บาทต่อปี ชนิดไม้ที่ทำพื้นได้แก่ ไม้กระถินณรงค์ ไม้สะเดา ไม้
มะค่าโมง ไม้ซี้เหล็ก ไม้ลำไย ไม้ประดู่ ไม้มะขาม และไม้มะม่วง
โดยสามารถเก็บหาไม้พื้นได้ตลอดทั้งปี

ไม้ไผ่ พบว่าราษฎร ร้อยละ 63.8 มีการเก็บหาไม้ไผ่มี
ปริมาณทั้งหมด 2,171.0 ลำต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด 93,320.00
บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ในครัวเรือน
1,542.0 ลำต่อปี มีมูลค่า 61,680.00 บาทต่อปี และเพื่อ
จำหน่าย 629.0 ลำต่อปี มีมูลค่า 31,640.00 บาทต่อปี
ชนิดของไม้ไผ่ที่เก็บหา ได้แก่ ไม้ไผ่รวก ไม้ไผ่ขางนวล ไม้ไผ่บง
ไม้ไผ่ป่า ไม้ไผ่เหลียง และไม้ไผ่หนาม โดยสามารถเก็บหาไม้ไผ่ได้
ตลอดทั้งปี

หน่อไม้ พบว่าราษฎรร้อยละ 62.8 มีการเก็บหาหน่อไม้
มีปริมาณทั้งหมด 12,595.0 กก.ต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด
148,525.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นการใช้ประโยชน์หน่อไม้ใน
ครัวเรือน 5,388.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 80,170.00 บาทต่อปี
และเพื่อจำหน่าย 7,207.00 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 68,385.00
บาทต่อปี หน่อไม้ที่ทำการเก็บหา ได้แก่ หน่อไม้ไผ่รวก หน่อไม้
ไผ่ขางนวล และหน่อไม้ไผ่บง โดยสามารถเก็บหาหน่อไม้ได้ในช่วง
เดือนเมษายน ถึง เดือนกันยายน

ผลไม้ป่า พบว่าราษฎรร้อยละ 25.5 มีการเก็บหาผลไม้ป่า
มีปริมาณทั้งหมด 365.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด
15,790.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นใช้ประโยชน์ผลไม้ป่าใน
ครัวเรือน 194.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 8,560.00 บาทต่อปี
และเพื่อจำหน่าย 339.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 7,130.00 บาท
ต่อปี ชนิดของผลไม้ป่าที่เก็บ ได้แก่ ตะคร้อ มะไฟ มะขามป้อม

และหมากเฒ่า โดยสามารถเก็บหาผลไม้ป่า ในช่วงเดือนมีนาคม ถึง เดือนสิงหาคม

พืชผักป่า พบว่าราษฎรร้อยละ 52.1 มีการเก็บหาพืชผักป่า มีปริมาณทั้งหมด 1,297.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด 70,105.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นการใช้ประโยชน์พืชผักป่าในครัวเรือน 989.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 52,520.00 บาทต่อปี และเพื่อจำหน่าย 308.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 17,585.00 บาทต่อปี ชนิดของพืชผักป่าที่เก็บหา ได้แก่ ใบบัวบก ตำลึง บอนป่า ผักกูด และผักหนาม โดยสามารถเก็บหาพืชผักป่าได้ตลอดทั้งปี

เห็ด พบว่าราษฎรร้อยละ 56.4 มีการเก็บหาเห็ด มีปริมาณทั้งหมด 715.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด 204,415.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นการใช้ประโยชน์เห็ดในครัวเรือน 205.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 58,220.00 บาทต่อปี และเพื่อจำหน่าย 508.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 146,195.00 บาทต่อปี ชนิดของเห็ดที่เก็บหา ได้แก่ เห็ดเผาะ เห็ดโคน และเห็ดไข่ โดยสามารถเก็บหาได้ในช่วงเดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม

พืชกินหัว พบว่าราษฎรร้อยละ 18.1 มีการเก็บหาพืชกินหัว มีปริมาณทั้งหมด 303.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด 12,290.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นใช้ประโยชน์พืชกินหัวในครัวเรือน 170.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 6,700.00 บาทต่อปี และเพื่อจำหน่าย 133.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 5,590.00 บาทต่อปี ชนิดพืชกินหัวที่เก็บหา ได้แก่ มันราก มันแขง และกลอย โดยสามารถเก็บหาพืชกินหัวได้ในช่วงเดือนกันยายน ถึง เดือนธันวาคม

แมลงและผลผลิตจากแมลง พบว่าราษฎรร้อยละ 17.0 มีการเก็บหาแมลงและผลผลิตจากแมลง มีปริมาณทั้งหมด 56.5 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด 31,232.50 บาทต่อปี แบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 76.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 22,330.00 บาทต่อปี และเพื่อจำหน่าย 48.5 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 8,902.50 บาทต่อปี ชนิดแมลงและผลผลิตจากแมลงที่เก็บหา ได้แก่ แมงทับทิม แมงกว้าง จิ้งโกร่ง แมงฮันูน จิ้งหรีด ไข่มดแดง แมงกระซอน น้ำผึ้ง และน้ำมัม โดยสามารถเก็บหาแมลงและผลผลิตจากแมลงได้ในช่วงเดือน มกราคม ถึง ตุลาคม

สัตว์ขนาดเล็ก พบว่าราษฎรร้อยละ 14.9 มีการใช้ประโยชน์สัตว์ขนาดเล็ก มีปริมาณ 92.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า

ทั้งหมด 17,525.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 25.5 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 5,025.00 บาทต่อปี และเพื่อจำหน่าย 66.5 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 12,500.00 บาทต่อปี ชนิดสัตว์ขนาดเล็กที่หาได้ ได้แก่ ไก่ป่า ตุ่น หนู และอีง่าง โดยสามารถหาสัตว์ขนาดเล็กได้ในช่วงเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนพฤศจิกายน

สมุนไพร พบว่าราษฎรร้อยละ 34.4 มีการเก็บหาสมุนไพร มีปริมาณทั้งหมด 235.1 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า 35,931.00 บาทต่อปี โดยแบ่งเป็นเพื่อการใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 184.1 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่าทั้งหมด 27,131.00 บาทต่อปี และเพื่อจำหน่าย 51.0 กิโลกรัมต่อปี มีมูลค่า ทั้งหมด 8,800.00 บาทต่อปี ชนิดสมุนไพร ที่เก็บหาได้แก่ ใบย่านาง บอระเพ็ด ว่านหอม ว่านหัวเดียว สาวน้อยร้อยฝั้ว และหนอนตายหยาก โดยสามารถเก็บหาสมุนไพรได้ตลอดทั้งปี

มูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่า

มูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่า ของราษฎรในชุมชนบ้านปางสวรรค์ ตำบลคอกควาย อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี มีมูลค่ารวมทั้งหมด 632,653.50 บาทต่อปี หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ย 6,730.50 บาทต่อปีต่อครัวเรือน โดยคิดเป็นร้อยละ 4.8 ของรายได้เฉลี่ยของครัวเรือนต่อปี ซึ่งถือว่ารายได้จากการพึ่งพิงของป่าจากป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ค่อนข้างต่ำ โดยเห็ดมีมูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์มากที่สุด 202,547.00 บาทต่อปี หรือคิดเป็นค่าเฉลี่ย 2,154.80 บาทต่อปีต่อครัวเรือน และพืชกินหัวมีมูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ต่ำสุด 11,862.00 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 126.20 บาทต่อปีต่อครัวเรือน (Table 1) ซึ่งมีมูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์จากป่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Puangmalee and Suksard (2014) พบว่าป่าชุมชนเขาเขียว จังหวัดสุพรรณบุรีมีมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าสุทธิ 395,981.9 บาทต่อปี และมีมูลค่าสุทธิเฉลี่ย 10,971.70 บาทต่อปีต่อครัวเรือน และ Petchdee and Suksard (2018) พบว่าสถานีวิจัยพัฒนาวิจิตรหนองคุ จังหวัดสุรินทร์มีมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าสุทธิทั้งหมด 4,393,714.10 บาทต่อปี และมูลค่าสุทธิเฉลี่ย 14,645.70 บาทต่อปีต่อครัวเรือน

Table 1 Net value of the non-timber forest products in the Ban Pang Sawan Community Forest.

Type of NTFPs	Value of gathered NTFPs yearly (Baht/year)	Expense (Baht/year)	Net Value of NTFPs utilization (Baht/year)	Net Value of NTFPs utilization per household (Baht/year)
– Firewood	15,531.0	1,725.0	13,806.0	146.9
– Bamboo	93,320.0	2,650.0	90,670.0	964.6
– Bamboo shoots	148,525.0	1,854.0	146,671.0	1,560.3
– Wild fruits	15,790.0	497.0	15,293.0	162.7
– Wild vegetables	70,105.0	1,357.0	68,748.0	731.4
– Mushrooms	204,415.0	1,868.0	202,547.0	2,154.8
– Tuber crop	12,290.0	428.0	11,862.0	126.2
– Insects and insect products	31,232.5	495.0	30,737.5	327.0
– Small animals	17,525.0	353.0	17,172.0	182.7
– Medicine plant	35,931.0	784.0	35,147.0	373.9
Total	644,664.5	12,011.0	632,653.5	6,730.5

ปัญหาและอุปสรรคในการใช้ประโยชน์ของป่า

ปัญหาและอุปสรรคในการใช้ประโยชน์ของป่าของราษฎร พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 66.0 ไม่มีปัญหาอุปสรรคในการใช้ประโยชน์ของป่า และมีราษฎรเพียงร้อยละ 34.0 ที่มีปัญหาอุปสรรคในการเก็บหาของป่า มีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณคนที่เข้ามาเก็บหาของป่ามีมากเกินไป คิดเป็นร้อยละ 20.2 เนื่องจากมีคนต่างถิ่นที่มีความชำนาญในการเก็บหาของป่าเข้ามาในพื้นที่เป็นจำนวนมากโดยเฉพาะช่วงฤดูกาลที่เห็ดให้ผลผลิต

2. ได้รับอันตรายจากสัตว์มีพิษ อย่างเช่น การถูกงูกัด แผลงมีพิษจำพวกตะขาบแมงป่องต่อ้ย เป็นต้น คิดเป็นร้อยละ 13.8

3. เก็บหาของป่าแบบขาดจิตสำนึก คิดเป็นร้อยละ 5.3

4. มีการนำขยะจากครัวเรือนมาทิ้งในป่าชุมชน คิดเป็นร้อยละ 4.3

5. มีการเก็บหาของป่าชนิดพันธุ์ที่เป็นพิษไปใช้ประโยชน์ คิดเป็นร้อยละ 2.1 โดยเฉพาะเห็ดป่าในพื้นที่ป่าชุมชนซึ่งมีทั้งเห็ดกินได้ และเห็ดพิษ จะมีความคล้ายคลึงกันมาก จนไม่สามารถแยกด้วยตาเปล่าได้ว่าเป็นเห็ดกินได้หรือเห็ดพิษ

การแปรรูปของป่าของราษฎร

การแปรรูปของป่าของราษฎร จากการศึกษาพบว่า ครัวเรือนของราษฎรส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 56.4 ไม่นิยมนำของป่ามาแปรรูป เนื่องจากราษฎรไม่มีความรู้ในเรื่องของการแปรรูปของป่า ราษฎรนิยมใช้ประโยชน์ของป่าในรูปแบบของวัตถุดิบและราษฎรนิยมซื้อของป่าที่แปรรูปแล้วมาใช้ประโยชน์มากกว่าเพราะประหยัดเวลาโดยราษฎรที่ไม่นิยมแปรรูปของป่าส่วนใหญ่ ร้อยละ 34.0 มีความคิดว่ายานาคตกียังคงไม่แปรรูปของป่าเช่นเคย แต่มีเพียงร้อยละ 22.3 เท่านั้นที่คิดจะแปรรูปของป่าในอนาคต โดยมีความคิดว่าจะแปรรูปไม้เพื่อเผาถ่าน หน่อไม้ และเห็ด เพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ร้อยละ 12.8 และราษฎรจะแปรรูป เห็ด หน่อไม้ และไม้เผาถ่านเพื่อการค้า ร้อยละ 9.6 สำหรับครัวเรือนของราษฎรที่มีการนำของป่ามาแปรรูป คิดเป็นร้อยละ 43.6 มีลักษณะการใช้ประโยชน์จากการแปรรูป 2 ลักษณะด้วยกันคือ 1) แปรรูปเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ร้อยละ 26.7 และ 2) แปรรูปเพื่อการค้าและใช้ประโยชน์ในครัวเรือน ร้อยละ 17.0 โดยประเภทของของป่าที่นำมาแปรรูป ได้แก่ ไม้เพื่อเผาถ่าน หน่อไม้ และเห็ด ซึ่งของป่าแต่ละประเภทมีรูปแบบและวิธีการแปรรูปที่ต่างกันออกไป ดังนี้

1. การเผาถ่าน มีราษฎร 16 ราย คิดเป็นร้อยละ 17.0 มีการเผาถ่าน ปริมาณไม้ที่ใช้เป็นวัตถุดิบ 5,177.0 กิโลกรัมต่อปี ได้ถ่าน 2070.8 กิโลกรัมต่อปี บรรจุใส่กระสอบ (10.0 กิโลกรัม) สำหรับใช้ในครัวเรือน และจำหน่าย โดยราคาจำหน่าย 60.00 บาทต่อกระสอบ โดยมูลค่าของถ่านที่แปรรูปรวม 12,424.80 บาทต่อปี

2. หน่อไม้ดอง มีราษฎร 23 ราย คิดเป็นร้อยละ 24.5 ทำหน่อไม้ดองโดยนำหน่อไม้ไผ่รวก หน่อไม้ไผ่ขางนวล และหน่อไม้ไผ่บงเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นหน่อไม้ดอง โดยราษฎรได้นำหน่อไม้มาแปรรูป 2,462.0 กิโลกรัมต่อปี สำหรับใช้ในครัวเรือน และจำหน่าย โดยราคาจำหน่าย 35.00 บาทต่อกิโลกรัม โดยมูลค่าของหน่อไม้ที่แปรรูปรวม 86,170.00 บาทต่อปี

3. เห็ดโคนดองน้ำปลา มีราษฎร 2 ราย คิดเป็นร้อยละ 2.1 ได้นำเห็ดโคนมีคุณภาพดีและมีความสมบูรณ์ของดอกเห็ดเห็ดไปแปรรูปเพื่อเก็บไว้บริโภคสำหรับใช้ประโยชน์ในครัวเรือน เพียงอย่างเดียวปริมาณเห็ดโคนที่ใช้ทั้งหมด 50.0 กิโลกรัมต่อปี มูลค่าของเห็ดโคนดองน้ำปลา 40,000.0 บาทต่อปี

ลักษณะของกิจการแปรรูป พบว่า ราษฎรส่วนใหญ่มีกิจการแปรรูปของป่าภายในครัวเรือน เพื่อไว้ใช้บริโภคและเพื่อจำหน่ายหารายได้เข้าครัวเรือน เช่น เผาถ่าน และหน่อไม้ดอง เป็นต้น ราษฎรบางส่วนที่รวมกลุ่มกันของสมาชิกประกอบการแปรรูปของป่าร่วมกันภายในชุมชนโดยเผาถ่าน และหน่อไม้ดอง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Puangmalee and Suksard (2014) ศึกษาเรื่องมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าในป่าชุมชนบ้านเขาเขียว ตำบลหัวเขา อำเภอดงหลวง จังหวัดสุพรรณบุรี พบว่า ราษฎรบ้านเขาเขียวมีการใช้ประโยชน์ของป่าทั้งสิ้น 9 ประเภท ได้แก่ ไม้พิน ไม้ไผ่ หน่อไม้ ผลไม้ป่า เห็ด พืชกินหัว แผลงและผลผลิตจากแผลง และสมุนไพร และราษฎรบ้านเขาเขียวมีการแปรรูปของป่า 1 ราย คือ ใช้หน่อไม้ไผ่รวกเป็นวัตถุดิบในการแปรรูป เป็นหน่อไม้ไผ่รวกต้ม หน่อไม้ไผ่รวกอัดถุง และไม้ไผ่รวกดอง

สรุปและข้อเสนอแนะ

การศึกษามูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าในป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ ราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนมีข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนี้ ราษฎรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 67.0 มีอายุเฉลี่ย 51.7 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษา

ระดับประถมศึกษา ร้อยละ 58.5 มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 3.2 คน ราษฎรส่วนใหญ่เกิดในชุมชนที่ตนเองอาศัยอยู่ ร้อยละ 78.7 ประกอบอาชีพหลักเกษตรกรกรรม ร้อยละ 51.1 ส่วนใหญ่ร้อยละ 52.1 ไม่มีอาชีพรอง มีรายได้ในครัวเรือนเฉลี่ย 139,825.70 บาทต่อปี และมีรายจ่ายในครัวเรือนราษฎรเฉลี่ย 103,881.80 บาทต่อปี

ราษฎรมีการเก็บหาของป่ามาใช้ประโยชน์ทั้งสิ้น 10 ประเภท ได้แก่ ไม้พิน ไม้ไผ่ หน่อไม้ ผลไม้ป่า พืชผักป่า เห็ด พืชกินหัว แผลงและผลผลิตจากแผลง สัตว์ขนาดเล็ก และสมุนไพร มีมูลค่าการใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 334,285.00 บาทต่อปี มีมูลค่าการจำหน่าย 310,379.50 บาทต่อปี รวมมูลค่าทั้งหมด 644,664.50 บาทต่อปี โดยเห็ดมีมูลค่าที่เก็บหาสูงสุดจำนวน 204,415.00 บาทต่อปี และพืชกินหัวมีมูลค่าเก็บหาต่ำสุดจำนวน 12,290.00 บาทต่อปี มีมูลค่าสุทธิทั้งหมดจากการใช้ประโยชน์ของป่า 632,653.50 บาทต่อปี หรือคิดเป็น 6,730.50 บาทต่อปีต่อครัวเรือน โดยเห็ดมีมูลค่าสุทธิสูงสุดเป็นเงิน 20,254.70 บาทต่อปี หรือ 2,154.80 บาทต่อปีต่อครัวเรือน และพืชกินหัวมีมูลค่าสุทธิต่ำสุดเป็นเงิน 11,862.00 บาทต่อปี หรือ 126.20 บาทต่อปีต่อครัวเรือน

ปัญหาและอุปสรรคในการใช้ประโยชน์ของป่าของราษฎร พบว่า ราษฎร ร้อยละ 34.0 มีปัญหาอุปสรรคในการใช้ประโยชน์ของป่า โดยปัญหาที่พบมากที่สุดคือ ปริมาณคนที่เข้ามาเก็บหาของป่ามีมากเกินไป คิดเป็นร้อยละ 20.2

การแปรรูปของป่าของราษฎรพบว่ามีราษฎรนำของป่ามาแปรรูป คิดเป็นร้อยละ 43.6 มีของป่า 3 ประเภทที่ใช้ในการแปรรูป ได้แก่ 1) ไม้ไผ่เป็นวัตถุดิบเพื่อเผาถ่าน ใช้ปริมาณไม้ต่อปี 5,177.0 กิโลกรัม ปริมาณถ่านต่อปีที่ได้ 2,070.8 กิโลกรัม และมูลค่าของถ่านต่อปีเท่ากับ 12,424.80 บาท 2) หน่อไม้ไผ่รวก หน่อไม้ไผ่ขางนวล และหน่อไม้ไผ่บงใช้เป็นวัตถุดิบในการทำหน่อไม้ดอง ปริมาณหน่อไม้ที่ใช้ต่อปี 2,462.0 กิโลกรัม และมูลค่าของหน่อไม้ดองต่อปี 86,170.00 บาท และ 3) เห็ดโคน นำมาแปรรูปเป็นเห็ดโคนดองในน้ำปลา ปริมาณเห็ดโคนที่ใช้ต่อปี 50.0 กิโลกรัม และมีมูลค่าของเห็ดโคนดองน้ำปลาต่อปี 40,000.00 บาท

ข้อเสนอแนะของการศึกษาค้างนี้ มีดังนี้

1. ราษฎรส่วนใหญ่ มีอาชีพหลักเป็นเกษตรกรกรรม ร้อยละ 51.1 และมีหนี้สินจากการทำการเกษตร ร้อยละ 46.8 โดยราษฎรมีการพึ่งพิงการทำเกษตรเชิงเดี่ยวมากเกินไป ดังนั้น

กรมป่าไม้ควรให้เจ้าหน้าที่ในพื้นที่เข้ามาช่วยเหลือราษฎรโดยการให้ความรู้และส่งเสริมให้ราษฎรรู้จักการใช้ประโยชน์พื้นที่ให้เหมาะสม เช่น การส่งเสริมและให้ความรู้กับราษฎรในเรื่องของการปลูกพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าในท้องถิ่นควบคู่กับการปลูกพืชเกษตร โดยการปลูกแบบผสมผสานในหนึ่งหน่วยพื้นที่ อย่างไรก็ตามหากมีการส่งเสริมการปลูกพืชสมุนไพรที่มีคุณค่าและเป็นที่ต้องการในตลาดรวมถึงเป็นที่ต้องการในวงการแพทย์แผนไทย จะสามารถช่วยให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นกว่าเดิม รวมถึงไม่ต้องแบกรับความเสี่ยงจากการปลูกพืชเกษตรเพียงอย่างเดียวประกอบกับสถานการณ์ Covid-19 ที่ผ่านมา จึงเป็นโอกาสที่ดีที่ราษฎรจะสามารถผลิตวัตถุดิบพืชสมุนไพรเพื่อสร้างรายได้ต่อไป

2. ราษฎรในท้องถิ่น เห็นว่ามีการใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่าในปริมาณที่มากเกินไปจนสร้างผลกระทบทำให้ทรัพยากรของป่าเสื่อมโทรม ดังนั้น คณะกรรมการป่าชุมชนบ้านปางสวรรค์ผู้อนุญาตให้ราษฎรเข้ามาเก็บหาของป่าในพื้นที่จะต้องมีการกำหนดมาตรการและบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ของป่าของราษฎรให้มีความเหมาะสม โดยการกำหนดปริมาณการเก็บหาของป่าแต่ละชนิดไม่ให้เกินขีดจำกัดในการรองรับได้ รวมถึงการควบคุมเขตพื้นที่ในการเก็บหาของป่าหากพบว่าพื้นที่ใดมีการเก็บหาของป่าจนทรัพยากรของป่าบริเวณนั้นเริ่มเสื่อมโทรม จะต้องทำการปิดพื้นที่ดังกล่าวไม่ให้ราษฎรเข้ามาเก็บหาของป่าเป็นการชั่วคราวเพื่อให้ธรรมชาติได้ฟื้นตัว ซึ่งจะเป็นผลดีกว่าการปิดป่า โดยการแก้ปัญหาดังกล่าวจะทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรของป่าในพื้นที่อย่างยั่งยืน

REFERENCES

Community Forestry Center for People and Forests.
2017. **Community Resource Base at Baan**

Pang Sawan, Khok Kwai Sub-district, Ban Rai District, Uthai Thani Province. Community Forestry Center for People and Forests, UthaiThani, Thailand. (in Thai).

Houmuangkeaw, W. 2014. **Forest Resource Economics**. Aksornsiam Printing, Bangkok, Thailand. (in Thai).

Petchdee, T., Suksard, S. 2018. Non-timber Forest Products Utilization value at Nong Khoo Silvicultural Research Station Surin province. **Thai Journal of Forestry**, 37(2): 99-107. (in Thai).

Puangmalee, J. 2013. **Use Value of Non-timber Forest Products at Ban Khao Khew Community Forest, Hua Khao Sub-district, Doem Bang Nang Buat District, Suphan Buri Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Thailand. (in Thai).

Puangmalee, J., Suksard, S., 2014. Use value of non-timber forest products at Khao Khew Community Forest, Hua Khao sub-district, Doem Bang Nang Buat district, Suphan Buri province. **Thai Journal of Forestry**, 33(1): 76-84. (in Thai).

Royal Forest Department. 1988. **Community Forest Management**. Veterans Affairs Printing House, Bangkok, Thailand. (in Thai).

Suksard, S. 2006. **Forest Valuation**. Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai).

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะการทำลายของหนอนไม้ไผ่ (*Omphisa fuscidentalis*) ในไม้หวานอ่างช้าง
(*Dendrocalamus latiflorus*) ณ สถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่

Evaluation of the Damage Caused by the Bamboo Caterpillar
(*Omphisa fuscidentalis*) in Sweet Giant Bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*) at the
Royal Agricultural Station Pangda, Chiang Mai Province

วรรณภา เขียวนิล

Wannapa Keawnin

เดชา วิวัฒน์วิทยา*

Decha Wiwatwitaya*

สรารุณ สังข์แก้ว

Sarawood Sungkaew

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

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

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

รับต้นฉบับ 2 พฤษภาคม 2566

รับแก้ไข 10 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 24 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The present study reports on the damage caused by the bamboo caterpillar, *Omphisa fuscidentalis* to the sweet giant bamboo, *Dendrocalamus latiflorus*, growing in the Royal Agricultural Station Pangda, Samoeng district, Chiang Mai province. During a period from September 2020 to February 2021, the number of bamboo caterpillars, external effects and internal damage characteristics were determined to be used as basic information while providing guidelines for identifying bamboo species suitable for rearing bamboo caterpillars. The results showed that the average number of bamboo caterpillars were 190 larvae/culm. The average number of damaged internodes was 14 internodes/culm. Although the diameter of internodes was unaffected by the bamboo caterpillar, damaged internodes were located at 9th–13th positions, which experienced high levels of damage, and were shortened by an average of 5 internodes per culm. This reduction in length accounted for approximately 48.8% of the damage to the lower part of the internode. Furthermore, the study revealed that wood penetrated the cracks in the bamboo culm, particularly in the area with short internodes. These highly damaged internodes had the highest percentage of bamboo pulp and wood consumption, approximately 70%, but the upper internodes of damaged internodes continued to develop. Based on the results, it was observed that the sweet giant bamboo exhibited a higher quantity and weight of bamboo caterpillars/culm compared to the usual numbers. The study recorded the highest number of bamboo caterpillars at 484 larvae/culm. These findings suggest that the sweet giant bamboo can serve as a guideline for conducting further studies aimed at increasing the yields of bamboo caterpillars/culm.

Keywords: Bamboo; Bamboo caterpillar; Damage

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะการทำลายของหนอนไหมไฟ (Omphisa fuscidentalis) ที่พบในไผ่หวานอ่างช้าง (Dendrocalamus latiflorus) ได้ศึกษาในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 โดยศึกษาปริมาณหนอนไหมไฟ ลักษณะการทำลายภายนอกและภายในที่ลำไผ่ได้รับความเสียหาย เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและนำไปศึกษาชนิดไฟที่มีความเหมาะสมในการเลี้ยงหนอนไหมไฟ จากการศึกษาพบหนอนไหมไฟเฉลี่ย 190 ตัวต่อลำ จำนวนปล้องที่ถูกทำลายเฉลี่ย 14 ปล้องต่อลำ การทำลายของหนอนไหมไฟไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดความโตไผ่ แต่บริเวณปล้องการทำลายที่ 9–13 เฉลี่ย 5 ปล้องต่อลำ พบการทำลายมากส่งผลให้ปล้องไผ่มีความยาวปล้องสั้นลง คิดเป็น 48.8% ของปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย และพบเนื้อไม้ทะลุเป็นร่องร่วมกับบริเวณที่มีความยาวปล้องสั้น ซึ่งเป็นผลมาจากการกินเยื่อไผ่และเนื้อไผ่ของตัวหนอนในปริมาณมาก โดยพบว่ามีร้อยละการกินเยื่อไผ่และเนื้อไผ่มากที่สุดประมาณ 70% แต่ปล้องเหนือปล้องถูกทำลายยังสามารถเติบโตต่อไปได้ ทั้งนี้ จากการศึกษาพบจำนวนหนอนไหมไฟมากที่สุด 484 ตัวต่อลำ จึงสรุปได้ว่า ไผ่หวานอ่างช้างสามารถพบปริมาณและน้ำหนักหนอนไหมไฟต่อลำ มากกว่าปกติ และนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาด้านการเพิ่มผลผลิตหนอนไหมไฟต่อลำต่อไป

คำสำคัญ: ไผ่ หนอนไหมไฟ การทำลาย

คำนำ

หนอนไหมไฟหรือหนอนรด่วน (bamboo caterpillar) เป็นระยะตัวอ่อนของผีเสื้อกลางคืน *Omphisa fuscidentalis* วงศ์ Crambidae (Kamolngam, 2015) พบกระจายมากบริเวณภาคเหนือของประเทศไทย เช่น จังหวัดเชียงใหม่ ลำปาง น่าน เป็นต้น และสามารถพบในประเทศที่อยู่ใกล้เคียง ได้แก่ ลาว พม่า จีน เวียดนาม และมาเลเซีย เป็นต้น ประชาชนทางภาคเหนือนิยมนำหนอนไหมไฟมาประกอบอาหารบริโภคภายในครัวเรือน (Singhatripop, 2012) รวมไปถึงประเทศจีน โดยเฉพาะมณฑลยูนนานที่หนอนไหมไฟเป็นเมนูแมลงทอดที่เป็นที่รู้จักทั่วไป (Jun, 2017) ปัจจุบันมีการเก็บหาหนอนไหมไฟเพื่อจำหน่ายในเชิงธุรกิจเป็นจำนวนมาก และเป็นที่ต้องการของท้องตลาดทำให้มีราคาสูง (Suksard and Wiwatwitaya, 1998) โดยธรรมชาติของหนอนไหมไฟอาศัยอยู่ภายในปล้องไผ่เป็นเวลา 9 เดือน ดังนั้นการเก็บหาตัวหนอนจึงต้องอาศัยการสังเกตลักษณะของลำไผ่จากภายนอก ซึ่งหนอนไหมไฟเข้าทำลายไผ่ตั้งแต่ระยะหน่อ และตัวหนอนเจาะเข้าไปในลำไผ่และเข้าไปอาศัยอยู่ภายในช่องว่างของลำไผ่ ตัวหนอนกินเนื้อเยื่อภายในลำไผ่เป็นอาหาร เมื่อตัวหนอนเติบโตขึ้นจึงเริ่มมีการกินในส่วนของเนื้อไม้ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อลำไผ่ได้ชัดเจน ซึ่งความรุนแรงของความเสียหายขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของลำไผ่ร่วมกับปริมาณหนอนไหมไฟ (Kayikananta, 1994)

ไผ่ เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในวงศ์หญ้า (Poaceae) มีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางบริเวณแถบร้อน ในประเทศไทย

พบไผ่กระจายได้ทั่วภูมิภาคของประเทศ ซึ่งคาดการณ์จำนวนไผ่ธรรมชาติไว้ 15–20 สกุล 80–100 ชนิด (Sungkaew et al. 2011) พบมากที่สุดบริเวณภาคเหนือ รองลงมาเป็นภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Protected Area Rehabilitation and Development Office, 2019) สำหรับพื้นที่สถานีเกษตรหลวงปางดะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ มีแปลงสาธิตการผลิตพืชตระกูลไผ่ และขยายพันธุ์ ไผ่ 2 ชนิด ได้แก่ ไผ่หวานอ่างช้าง (*D. latiflorus*) หรือมีชื่อพื้นเมืองว่า ไผ่หมาจู้ และไผ่หยก (*Bambusa oldhamii*) หรือมีชื่อพื้นเมืองว่า ไผ่ลี้จู้ อีกทั้งเป็นแหล่งรวบรวมพันธุ์ ไผ่ 5 สายพันธุ์ โดยไผ่เหล่านี้เป็นจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่นำเข้ามาเพื่อสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรในประเทศไทย เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านอุตสาหกรรม หัตถกรรม และการส่งออก รวมทั้งส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเกษตรกรให้มีความมั่นคงและมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ทำให้ปัจจุบันมีการปลูกสร้างสวนไผ่เป็นจำนวนมาก (Phuangchik et al., 2015) ซึ่งไผ่หวานอ่างช้าง หรือไผ่หมาจู้เป็นไผ่ต่างถิ่นที่นำเข้ามาปลูกจากประเทศไต้หวันเพื่อส่งเสริมการปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ในส่วนหน่อและลำไผ่ (Sungkaew et al., 2007) มีความเหมาะสมในการใช้หน่อเป็นอาหารใช้ลำสำหรับก่อสร้าง หรือเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ (Phuangchik, 2008) และในพื้นที่ศึกษาพบว่าไผ่หวานอ่างช้างพบการทำลายของหนอนไหมไฟ (*O. fuscidentalis*) กระจายอยู่ทั่วไป ด้วยเหตุนี้การทำลายของหนอนไหมไฟ จึงเป็นปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อ

ผลผลิตของสวนไผ่ แม้ว่าหนอนไผ่ไผ่ชนิดดังกล่าวจะเป็นแมลงศัตรูของไผ่ แต่จากข้อมูลการนำไปใช้ประโยชน์จึงจัดแมลงชนิดนี้เป็นแมลงเศรษฐกิจที่มีความสำคัญชนิดหนึ่ง (Wiwatwitaya and Na Lampang, 1992) จึงทำให้การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาข้อมูลของปริมาณหนอนไผ่ไผ่ ตลอดจนลักษณะความเสียหายที่เกิดขึ้นจากหนอนไผ่ไผ่ทั้งภายนอกและภายในของลำไผ่หวานอ่าซาง (*D. latiflorus*) ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำไปสู่การหาแนวทางในการเพาะเลี้ยง รวมถึงส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตหนอนไผ่ไผ่และไผ่ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ทำการเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณสวนป่าไผ่ บริเวณสถานีเกษตรหลวงปางตะ ตั้งอยู่ในเขตหมู่บ้านปางตะ เลขที่ 192 หมู่ 10 ตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ เป็นสถานีวิจัยหนึ่งในสี่ของมูลนิธิโครงการหลวง ซึ่งพื้นที่ปลูกทดสอบ และสาธิตการผลิตไผ่ และขยายพันธุ์ไผ่หวานอ่าซาง (*D. latiflorus*) พบว่ามีการปรากฏของหนอนไผ่ไผ่ในพื้นที่ (Figure 1)



Figure 1 The study area at a bamboo plantation plot in the Royal Agricultural Station Pangda.

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

1. ปริมาณหนอนไผ่ไผ่

สำรวจลำไผ่หวานอ่าซางช่วงเดือนกันยายน พ.ศ. 2563 ที่คาดว่ามีความหนอนไผ่ไผ่อาศัยอยู่ ซึ่งต้องมีอายุน้อยกว่า 1 ปี และมีร่องรอยการทำลายปรากฏให้เห็น ได้แก่ รูเจาะออก กาบหุ้มลำยังไม่หลุด ปล้องสั้น และปล้องทะลุเป็นร่อง เมื่อพบว่าลำนั้นมีหนอนไผ่ไผ่อาศัยอยู่ จึงทำการตัดลำไผ่ลงมาเพื่อเก็บตัวหนอนและข้อมูลการทำลายต่อไป โดยตัดบริเวณปล้องข้างล่างลงมา 2 ปล้องจากปล้องที่พบรูเจาะออก เพื่อเก็บเป็นข้อมูลปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย จนถึงปล้องข้างบนของปล้องสุดท้ายที่พบร่องรอยการทำลายหรือมีปล้องสั้นผิดปกติ ขึ้นไป 2 ปล้อง เพื่อใช้เป็นข้อมูลปล้องเหนือปล้องถูกทำลาย และใช้มีดผ่าลำไผ่ออกเป็นสองส่วนเพื่อเก็บตัวหนอนไผ่ไผ่ที่อาศัยอยู่ภายในลำมานับจำนวน พร้อมชั่งน้ำหนักตัวหนอนทั้งหมด และหาน้ำหนักตัวหนอน 1 ตัวโดยแบ่งชั่ง ครั้งละ 10 ตัว จำนวน 3 ครั้ง

2. ผลกระทบภายนอก

เก็บข้อมูลลำไผ่หวานอ่าซางที่พบการทำลายจากหนอนไผ่ไผ่ จำนวน 10 ลำ รวมถึงลำที่พบการทำลายจากด้วงงวงเจาะหนอนไผ่ไผ่ และหนอนแมลงวัน ชนิดละ 5 ลำ รวมทั้งหมด 20 ลำ ทำการนับจำนวนปล้องที่พบร่องรอยการทำลายทั้งหมด โดยปล้องที่พบรูเจาะออกเป็นปล้องการทำลายที่ 1 และปล้องที่มีความยาวสั้นผิดปกติเป็นปล้องสุดท้ายของการทำลาย นับจำนวนปล้องที่มีความยาวปล้องสั้นผิดปกติเพื่อนำไปวิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้น จากนั้นเก็บข้อมูลปล้องไผ่บริเวณช่วงการทำลาย โดยวัดขนาดความโตภายนอกบริเวณกึ่งกลางของปล้องไผ่ทุกปล้อง และความยาวปล้องตั้งแต่ข้อล่างไปถึงข้อบนของแต่ละปล้อง รวมทั้งมีการเก็บข้อมูลขนาดความโตภายนอก และความยาวปล้องของปล้องที่อยู่ใต้ปล้องการทำลาย และปล้องที่อยู่เหนือปล้องการทำลายขึ้นไป

ด้านละ 2 ปล้อง เพื่อนำมาใช้ในการประเมินความเสียหายของ ปล้องการทำลาย (Figure 2)

3. ลักษณะการทำลายภายใน

ผ่าลำไผ่ออกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน จากนั้นทำการเก็บ ข้อมูลลักษณะการทำลายภายในลำไผ่แต่ละปล้อง รวมไปถึง

ปล้องที่อยู่ใต้ปล้องการทำลาย และปล้องที่อยู่เหนือปล้องการทำลายเช่นเดียวกับการเก็บข้อมูลการทำลายภายนอก โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในบริเวณกึ่งกลางของแต่ละปล้อง ขนาดความหนาของเนื้อไม้ไผ่แต่ละปล้อง โดยใช้ Vernier caliper ในการเก็บข้อมูล (Figure 2)

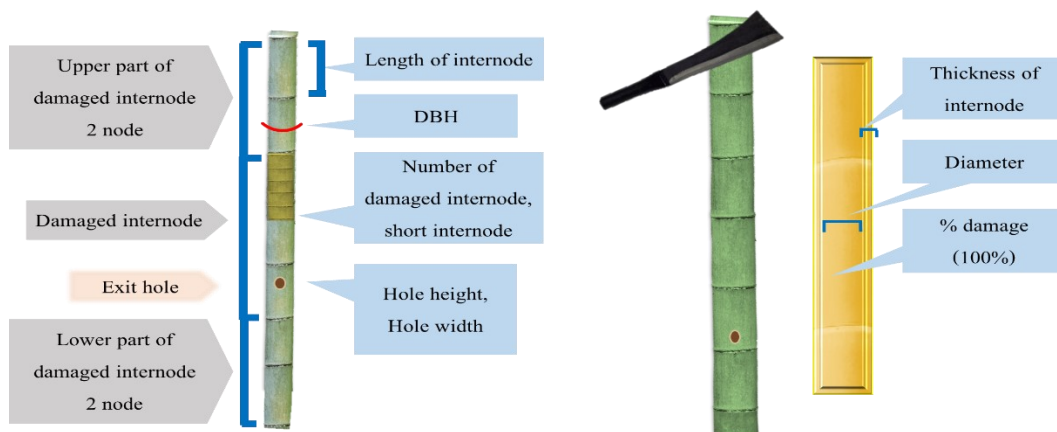


Figure 2 The process of studying the damage caused by bamboo caterpillar.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ร้อยละของปล้องที่ถูกทำลายจากจำนวน ปล้องทั้งหมด

ร้อยละของปล้องที่ถูกทำลาย

$$= \left(\frac{\text{จำนวนปล้องที่ถูกทำลาย}}{\text{จำนวนปล้องทั้งหมด}} \right) \times 100$$

2. วิเคราะห์ร้อยละของการกินเยื่อไผ่และเนื้อไม้ไผ่

ประเมินร้อยละการกินเยื่อไผ่และเนื้อไม้ไผ่ของปล้อง การทำลาย โดยแทนพื้นที่ภายในทั้งหมดของแต่ละปล้อง เท่ากับร้อยละ 100 (เยื่อไผ่ร้อยละ 100 และเนื้อไม้ร้อยละ 100) จากนั้นทำการประเมินพื้นที่ของเยื่อไผ่และเนื้อไม้ที่สูญหายไปแต่ละปล้อง เพื่อคิดเป็นร้อยละการทำลายของหนอนไม้ไผ่ และแมลงศัตรูไผ่ในแต่ละปล้อง ซึ่งสามารถแบ่งระดับความเสียหายออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ เสียหายมาก (มากกว่า ร้อยละ 50) เสียหายปานกลาง (ร้อยละ 30-50) และเสียหาย น้อย (น้อยกว่า ร้อยละ 30) โดยค่าดังกล่าวได้มาจากการ ประเมิน และพบว่าปล้องที่มีการกินเนื้อไม้ไผ่มากกว่าร้อยละ 50 เนื้อไม้ทะลุออกมาภายนอก ส่วนปล้องที่มีการกินร้อยละ 30-50 มีการกินมากจนเกือบทะลุออกมาภายนอก และน้อย

กว่าร้อยละ 30 มีการกินเนื้อไม้ไผ่เพียงบางส่วนและไม่ทะลุ ออกไปภายนอก

3. วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของขนาดความโตของ ปล้องไผ่ลำที่พบการทำลายกับลำไผ่ปกติ ด้วยการวิเคราะห์ ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรม R

ผลและวิจารณ์

ปริมาณหนอนไม้ไผ่

จากการศึกษาลำไผ่ที่พบการเข้าทำลายของหนอนไม้ไผ่ พบหนอนไม้ไผ่ภายในลำไผ่เฉลี่ย 190 ตัวต่อลำ น้ำหนักรวมตัว หนอนทั้งหมดเฉลี่ย 89.7 กรัมต่อลำ โดยมีน้ำหนักเฉลี่ยต่อตัว เท่ากับ 0.5 กรัมต่อตัว ซึ่งเป็นน้ำหนักของหนอนไม้ไผ่ในระยะ ตัวเต็มวัย โดย Wiwatwitaya (1992) ได้อธิบายว่า ก่อนเข้าสู่ ระยะดักแด้ หนอนไม้ไผ่มีการบริโภคอาหารเป็นจำนวนมาก เพื่อเตรียมตัวเข้าสู่การพักตัวในช่วงฤดูหนาว ทำให้ในระยะนี้ หนอนมีน้ำหนักตัวมากกว่าระยะอื่น และการศึกษาครั้งนี้พบ จำนวนตัวหนอนต่อลำมากที่สุด 484 ตัวต่อลำ และน้อยที่สุด 82 ตัวต่อลำ (Table 1) โดย Wiwatwitaya and Na Lampang (1992) ได้รายงานเกี่ยวกับศัตรูทางธรรมชาติของหนอนไม้ไผ่ ได้แก่ มด

ซึ่งทำให้หนอนไม้ไผ่มีการตายสูงขึ้น และ Kayikananta (2000) รายงานว่าลำไผ่ในธรรมชาติที่พบหนอนไม้ไผ่บางลำมีการทำลายจากนกหัวขวานและกระแตเพื่อกินตัวหนอนไม้ไผ่ ทำให้จำนวนตัวหนอนต่อลำเหลือเพียง 23–50 ตัว โดยมนุษย์เป็นศัตรูสำคัญของหนอนไม้ไผ่มากที่สุด และยังพบว่าจำนวนตัวหนอนขึ้นอยู่กับขนาดความโตของลำปล้องไผ่ ลำขนาดเล็กมักพบจำนวนตัวหนอนน้อยกว่าลำขนาดใหญ่ นอกจากนี้ Wiwatwitaya and Na Lampang (1992) รายงานว่า ฝีเสื้อ

ตัวเต็มวัยของหนอนไม้ไผ่สามารถออกไข่ได้ 250–300 ฟอง จึงทำให้ทราบว่าจำนวนตัวหนอน 484 ตัว อาจเกิดจากการวางไข่ของฝีเสื้ออย่างน้อย 2 ตัว เมื่อพิจารณาน้ำหนักต่อตัวของตัวหนอน พบว่า ไม่แตกต่างจากหนอนไม้ไผ่ที่พบในลำอื่น จึงสามารถบอกได้ว่า ไผ่ 1 ลำ หนอนไม้ไผ่สามารถอยู่อาศัยรวมกันได้มากกว่า 1 ครอบครัว ซึ่งทำให้ได้ปริมาณและน้ำหนักหนอนไม้ไผ่ดีกว่าลำที่มีการอาศัยของหนอนไม้ไผ่เพียง 1 ครอบครัวเท่านั้น

Table 1 The number of bamboo caterpillars.

Number of culm	The number of bamboo caterpillar	Total weight (g/culm)	Weighted average (g/individual)	Phase of larvae
1	118	49	0.4	4
2	261	114	0.5	5
3	115	53	0.5	5
4	484	224	0.5	5
5	148	95	0.6	5
6	82	44	0.5	5
7	120	49	0.4	4
Total	1,328	628	3.4	
Average	190±142	89.7±65.1	0.5±0.1	

ผลกระทบภายนอก

1. จำนวนปล้องถูกทำลาย

จากการศึกษาจำนวนปล้องของไผ่หวานอ่างช้าง พบว่ามีจำนวนปล้องเฉลี่ย 50 ปล้องต่อลำ พบจำนวนปล้องที่หนอนไม้ไผ่เข้าทำลายตั้งแต่ 12–16 ปล้อง โดยเฉลี่ย 14 ปล้องต่อลำ คิดเป็น 28% ของจำนวนปล้องทั้งหมด โดยปล้องการทำลายที่ 9–13 มีความยาวสั้นผิดปกติ เฉลี่ย 5 ปล้องต่อลำ คิดเป็นร้อยละ 39 ของจำนวนปล้องที่ถูกทำลายทั้งหมด และพบว่าเนื้อไม้ทะลุเป็นร่องตามแนวยาวของปล้องไผ่ ทำให้สามารถเห็นช่องว่างภายในปล้องไผ่ได้ ซึ่งเกิดจากการกินเนื้อไม้ไผ่ของตัวหนอน ในส่วนของปล้องเหนือปล้องการทำลายส่วนมากสามารถเติบโตได้ตามปกติ ซึ่งจากการศึกษารังนี้พบจำนวนปล้องไผ่ถูกทำลายมากที่สุด 24 ปล้อง พบหนอนไม้ไผ่อาศัยอยู่มากถึง 484 ตัว จึงเกิดการทำลายที่รุนแรงมากขึ้น จากการแย่งอาหารและที่อยู่อาศัยที่มีจำกัด จึงทำให้หนอนไม้ไผ่ตายในที่สุด จากการศึกษาของ Wiwatwitaya (1992) ได้ทำการศึกษาลักษณะการทำลายของ

หนอนไม้ไผ่ในไผ่ชางดอย (*D. membranaceus*) พบปล้องถูกทำลายจำนวน 12–13 ปล้อง บางปล้องพบรูเล็กๆ รูปวงรีบริเวณด้านข้างเพื่อใช้เป็นทางออกของตัวเต็มวัยและให้อากาศถ่ายเท ปล้องช่วงกลางลำมีความยาวสั้นผิดปกติ 3–4 ปล้องติดกัน ส่วนปลายยอดหักแต่ไม่มีการแตกกิ่งบริเวณที่หัก และจากการศึกษาของ Kayikananta (1994) พบหนอนไม้ไผ่กินเยื่อและเนื้อไม้บางส่วนจำนวน 26 ปล้อง ยอดไผ่ไม่หักและสามารถเติบโตได้ปกติ แต่พบว่าปล้องสั้นบริเวณที่หนอนกินเนื้อไม้และบางปล้องทะลุเป็นรูแคบ ทั้งนี้ Wiwatwitaya and Na Lampang (1992) รายงานว่า หนอนไม้ไผ่ทำลายเนื้อไม้เพียงบางส่วน ไผ่จึงยังสามารถเติบโตได้ตามปกติ เพราะมีระบบท่อลำเลียงน้ำและอาหารกระจายอยู่ทั่วลำ แต่ความแข็งแรงของเนื้อไม้ลดลงจากการถูกทำลาย จึงทำให้ลำไผ่ใช้ประโยชน์ได้น้อยลง

นอกจากนี้ยังพบการทำลายของศัตรูไม้ชนิดอื่น ได้แก่ ตัวงวงเจาะหน่อไผ่ (*Cyrtotrachelus* sp.) และหนอนแมลงวันไผ่

(วงศ์ Agromyzidae) โดยด้วงวงเจาะหน่อไม้ส่งผลให้จำนวนปล้องทั้งหมดของลำเหลือเฉลี่ย 14 ปล้อง จากลำปกติ 50 ปล้อง ซึ่งพบจำนวนปล้องที่ถูกทำลายตั้งแต่ 4–9 ปล้อง โดยเฉลี่ย 6 ปล้องต่อลำ คิดเป็นร้อยละ 42.9 ของจำนวนปล้องทั้งหมด (14 ปล้อง) พบเข้าทำลายบริเวณส่วนยอดของหน่อไม้และส่งผลให้ยอดหน่อไม้ตาย ซึ่ง Choldumrongkul (1991) รายงานว่าการเจาะทำลายของด้วงวงเจาะหน่อไม้ทำให้หน่อขนาดเล็กตายได้ สำหรับหน่อขนาดใหญ่อาจทำให้ยอดแห้งและแตกแขนงบริเวณที่เจาะ จึงทำให้ลำไผ่นำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยลง สำหรับการเข้าทำลายของหนอนแมลงวัน พบจำนวนปล้องถูกทำลายติดกันบริเวณกลางลำไผ่ พบตั้งแต่ 1–4 ปล้องต่อลำ โดยเฉลี่ย 3 ปล้องต่อลำ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 6 ของจำนวนปล้องทั้งหมด (50 ปล้อง) จะเห็นได้ว่าจำนวนปล้องการทำลายและตำแหน่งการทำลายของหนอนไม้ไผ่และศัตรูพืชชนิดอื่นแตกต่างกัน จึงสามารถนำมาใช้สังเกตลำไผ่ที่สามารถพบหนอนไม้ไผ่ได้ ซึ่งหนอนไม้ไผ่พบการทำลายบริเวณส่วนกลางของลำไผ่ ส่วนด้วงวงทำลายบริเวณยอดของหน่อไม้ แต่เมื่อเทียบกับการทำลายของหนอนแมลงวัน แม้ว่าหนอนไม้ไผ่สร้างความเสียหายต่อลำไผ่มากกว่าหนอนแมลงวันถึงร้อยละ 22 แต่ลำไผ่ที่พบหนอนไม้ไผ่ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อได้ และสามารถเก็บผลผลิตหนอนไม้ไผ่ได้อีกทางหนึ่ง

2. ขนาดความโตลำไผ่

จากการวัดขนาดความโตของลำไผ่ที่พบการเข้าทำลายของหนอนไม้ไผ่ พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีขนาดความโตเฉลี่ย 12.1 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายน้อยมีขนาดความโตเฉลี่ย 10.7 เซนติเมตร และปล้องที่ถูกทำลายมากมีขนาดความโตเฉลี่ย 9.7 เซนติเมตร ส่วนปล้องเหนือปล้องถูกทำลาย พบว่ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 8.4 เซนติเมตร (Figure 3) เมื่อเปรียบเทียบกับปล้องของลำไผ่ที่ไม่ถูกทำลาย พบว่า มีขนาดความโตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังนั้น

การเข้าทำลายของหนอนไม้ไผ่ไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดความโต แต่ขนาดความโตของลำไผ่มีผลต่อปริมาณหนอนไม้ไผ่ที่พบต่อลำ ตามที่ Kayikananta (2000) ศึกษาไว้ในธรรมชาติที่เป็นอาหารและที่อาศัยของหนอนไม้ไผ่ พบว่าขนาดลำปล้องของไผ่ต้องมีความกว้างพอสมควร โดยไผ่ที่มีลำปล้องขนาดใหญ่ เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.5–13.5 เซนติเมตร สามารถพบจำนวนตัวหนอน 80–178 ตัว ขณะที่ไผ่ที่มีลำปล้องขนาดเล็ก เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4–7 เซนติเมตร พบจำนวนตัวหนอน น้อยกว่า 80 ตัว

นอกจากนี้จากการศึกษายังพบศัตรูพืชชนิดอื่น ได้แก่ ด้วงวงเจาะหน่อไม้ (*Cyrtotrachelus* sp.) และหนอนแมลงวันไผ่ (วงศ์ Agromyzidae) โดยด้วงวงเจาะหน่อไม้ ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความโตเฉลี่ย 7.3 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายมีความโตเฉลี่ย 6.0 เซนติเมตร และไม่มีปล้องเหนือปล้องถูกทำลาย เนื่องจากระยะตัวหนอนของด้วงวงเจาะหน่อไม้เจาะกินเนื้อเยื่อภายในหน่อไม้ไปหายอดและทำลายอย่างหนัก ส่งผลให้หน่อตายหรือยอดหน่อแห้ง (Choldumrongkul, 1991) ขณะที่การทำลายของหนอนแมลงวัน พบขนาดความโตปล้องก่อนปล้องถูกทำลายเฉลี่ย 8.5 เซนติเมตร ส่วนปล้องถูกทำลายมีความโตเฉลี่ย 8.1 เซนติเมตร และปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีความโตเฉลี่ย 7.4 เซนติเมตร ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับขนาดความโตของปล้องที่พบการทำลายจากหนอนไม้ไผ่ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่าการเข้าทำลายของหนอนไม้ไผ่ไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดความโตหรือสร้างความเสียหายต่อขนาดความโตของลำไผ่เพียงเล็กน้อย ดังนั้น การเก็บหาหนอนไม้ไผ่จึงไม่สามารถสังเกตจากขนาดความโตของลำไผ่ได้ แต่ขนาดลำสามารถบอกได้ว่าลำขนาดใหญ่สามารถพบจำนวนหนอนไม้ไผ่ได้มากกว่าลำขนาดเล็ก ในกรณีที่ไม่มีปัจจัยอื่นรบกวน เช่น ศัตรูธรรมชาติของหนอนไม้ไผ่ (Kayikananta, 2000)

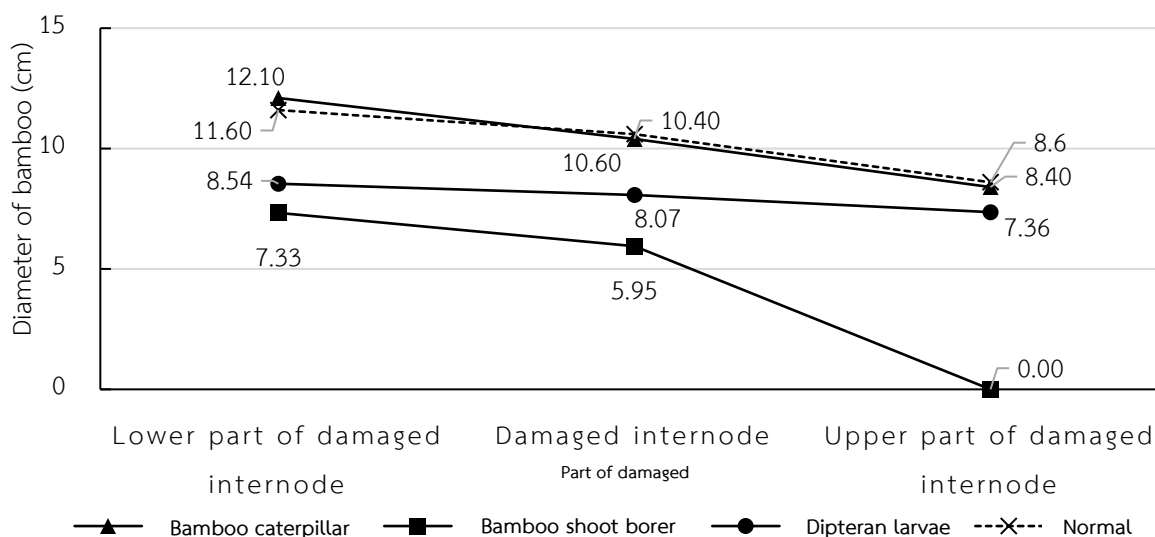


Figure 3 The diameter of a damaged internode.

3. ความยาวของปล้องไผ่

จากการศึกษาความยาวปล้องไผ่ลำที่พบหนอนไม้ไผ่พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความยาวปล้องเฉลี่ย 28.1 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายน้อยมีความยาวปล้องเฉลี่ยลดลงเหลือ 24.3 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.5 ของปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย ส่วนปล้องที่ถูกทำลายมากมีความยาวปล้องเฉลี่ย 14.4 เซนติเมตร ลดลงจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลายคิดเป็นร้อยละ 48.8 ซึ่งปล้องถูกทำลายมากพบว่า หนอนไม้ไผ่กินเยื่อไผ่และเนื้อไม้ไผ่อย่างมาก ในส่วนปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีความยาวปล้องเฉลี่ย 61.9 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบความยาวปล้องกับลำที่ไม่มีการทำลาย พบว่า ลำปกติมีความยาวปล้องเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และปล้องบริเวณส่วนปลายมีความยาวปล้องใกล้เคียงกัน แสดงให้เห็นว่าการทำลายของหนอนไม้ไผ่ส่งผลกระทบต่อความยาวของปล้องไผ่ชัดเจน จากความยาวปล้องถูกทำลาย ที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีความยาวปล้องเพิ่มขึ้น 2-3 เท่าบริเวณปล้องเหนือปล้องถูกทำลาย ทำให้เห็นความแตกต่างของลำไผ่ที่มีการเข้าทำลายจากหนอนไม้ไผ่ชัดเจนเมื่อเทียบกับลำปกติ ซึ่ง Phungchik *et al.* (2016) พบว่า หนอนไม้ไผ่กินเนื้อไผ่มากขึ้นในแต่ละปล้อง และสร้างความเสียหายให้ปล้องไผ่สั้นลงอย่างชัดเจน โดยบริเวณปล้องที่ถูกทำลายมากมักมีเนื้อไผ่อ่อนและมีการสะสมธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตมาก โดย Singhatripop (2012) พบว่า ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคมตัวหนอนมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากการกินที่มากขึ้น จึงส่งผลกระทบต่อความยาวปล้องไผ่ ทำให้สั้นลงอย่างผิดปกติเมื่อเทียบกับปล้องที่ถูกทำลายช่วงแรก

นอกจากนี้จากการศึกษา ยังพบความเสียหายของความยาวปล้องจากลำที่พบ อาจมีสาเหตุมาจากด้วงวงเจาะหน่อไผ่เข้าทำลาย กล่าวคือ ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความยาวปล้องเฉลี่ย 28.8 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายมีความยาวเฉลี่ยลดลงอย่างต่อเนื่องและลดลงมากบริเวณปลายยอดทำให้ไม่พบปล้องเหนือปล้องถูกทำลาย ซึ่ง Choldumrongkul (1991) รายงานว่าเกิดจากตัวหนอนเจาะทำลายผ่านข้อและปล้อง เกิดเป็นโพรงบริเวณปลายหน่อ ส่งผลให้ยอดเน่าและแตกกิ่งก้านเป็นจำนวนมาก และทำให้ลำปล้องมีขนาดสั้นจนไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่เมื่อเปรียบเทียบความเสียหายจากหนอนแมลงวัน พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความยาวปล้องเฉลี่ย 32.8 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายมีความยาวเฉลี่ยลดลงเหลือ 15.6 เซนติเมตร คิดเป็นร้อยละ 52.4 ของปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย ส่วนปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีความยาวปล้องเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 38.2 เซนติเมตร จาก Figure 4 แสดงให้เห็นว่า ความยาวปล้องไผ่จากลำที่พบการทำลายของหนอนไม้ไผ่แตกต่างจากลำที่ด้วงวงเจาะหน่อไผ่เข้าทำลายชัดเจนในส่วนของความยาวปล้องที่สั้นลงและการปรากฏของปล้องเหนือปล้องถูกทำลาย แต่เมื่อเปรียบเทียบกับหนอนแมลงวันที่มีร้อยละการลดลงของความยาวปล้องถูกทำลายต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของการปล้องที่ถูกทำลายร่วมด้วย สามารถเห็นความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดย Wiwatwitaya (1992) พบลำที่พบหนอนไม้ไผ่มีปล้องสั้นเรียงติดกัน 3-4 ปล้อง พบประมาณปล้องการทำลายที่ 6 และ Kayikananta (1994) พบปล้องสั้นร่วมกับบริเวณที่มีการกินเนื้อไม้มากและบางปล้องทะลุออกมาภายนอก

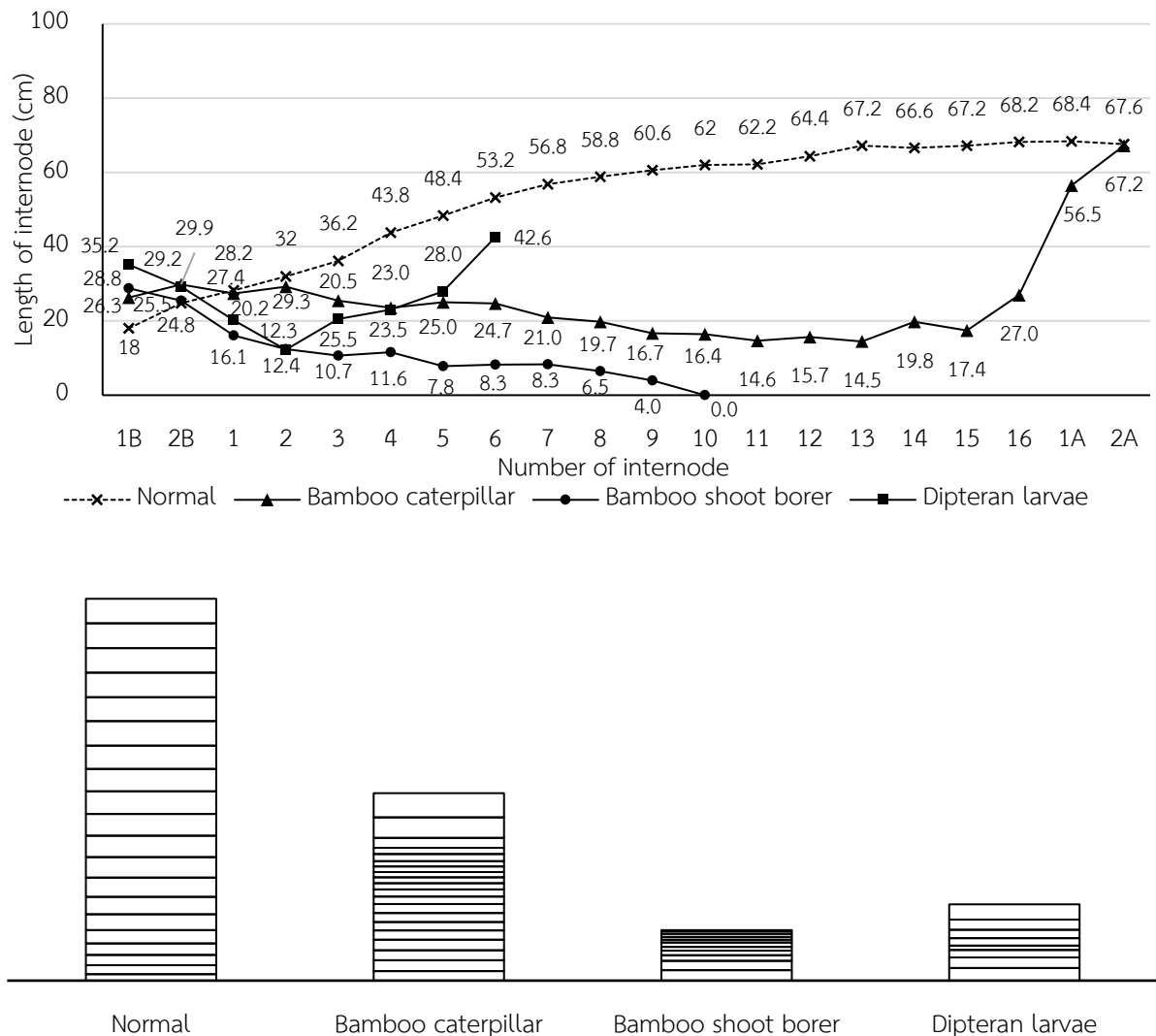


Figure 4 The length of a damaged internode.

Remarks: 1B, 2B: 1st, 2nd lower part of a damaged internode; 1A, 2A: 1st, 2nd upper part of damaged a internode

ลักษณะการทำลายภายในลำไผ่

1. เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของลำไผ่ที่พบหนอนไม้ไผ่เข้าทำลาย พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 7.4 เซนติเมตร ส่วนปล้องถูกทำลายซึ่งเป็นส่วนกลางของลำไผ่ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 7.8 เซนติเมตร และปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 6.8 เซนติเมตร ตาม Figure 5 แสดงให้เห็นว่า ปล้องถูกทำลายมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเพิ่มขึ้นจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย คิดเป็น 5.4% ซึ่งบริเวณดังกล่าวเป็นบริเวณกลางลำไผ่ และการกินเยื่อไผ่และเนื้อไม้ไผ่ นอกจากทำให้ความหนาเนื้อไผ่ลดลงยังทำให้เนื้อไม้แข็งขึ้น

เพราะเซลล์เนื้อไม้มีขนาดเล็กและแน่นขึ้น (Kayikananta, 1997) เมื่อเนื้อไม้มีความแข็งเนื่องจากการหดตัวเพราะสูญเสีย น้ำ (Sompoh *et al.*, 2015) ทำให้เส้นผ่านศูนย์กลางบริเวณ ปล้องการทำลายมากกว่าปล้องก่อนปล้องการทำลายและปล้อง หลังปล้องการทำลาย จากการศึกษาของ Kayikananta (2000) พบว่าไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก ทำให้พบจำนวนตัวหนอนน้อยและยังพบว่าตัวหนอนต้องอาศัยอยู่ในไผ่กระจายไป 3 ปล้อง และ Wiwatwitaya (1992) พบว่าลำไผ่ที่มีขนาดเล็กหนอนไม้ไผ่จะต้องอาศัยอยู่ 2 ปล้องจากปกติที่อาศัยรวมกัน 3 ปล้องเดียว แต่ทั้งนี้ Sompoh *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาพบว่าไผ่บางชนิด เช่น ไผ่ขางหม่น (*D. sericeus*) มีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในบริเวณ ปล้องส่วนกลางของลำไผ่มากกว่าปล้องส่วนโคนและปล้องส่วน

ยอดของลำ ดังนั้น เส้นผ่านศูนย์กลางภายในที่เพิ่มขึ้นไม่ได้เกิดจากการทำลายของหนอนไหมไผ่เท่านั้น

นอกจากนี้ยังพบลำไผ่ที่มีด้วงวงเจาะหน่อไผ่ทำลายมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในปล้องก่อนปล้องถูกทำลายเฉลี่ย 4.5 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในปล้องถูกทำลายเฉลี่ย 4.1 เซนติเมตร ลดลงจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย 11% จากการทำลายของด้วงวงเจาะหน่อไผ่ที่พบบริเวณยอดของหน่อไผ่ (Choldumrongkul, 1991) เส้นผ่านศูนย์กลางภายในจึงน้อยกว่าปล้องก่อนการทำลายซึ่งเป็นโคนของหน่อไผ่ ส่วนความเสียหายที่เกิดจากหนอนแมลงวัน พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ย 6.6 เซนติเมตร และช่วงการทำลายมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ยเท่ากับ 6.5

เซนติเมตร ลดลงจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลายเพียงร้อยละ 1.5 ส่วนปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในเฉลี่ยเท่ากับ 6.2 เซนติเมตร ลดลงร้อยละ 4.6 จากปล้องถูกทำลาย เนื่องจากจำนวนปล้องการทำลายที่มีเพียง 1-4 ปล้อง จึงไม่เห็นความผิดปกติของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในแต่อย่างใด จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า การเข้าทำลายของหนอนไหมไผ่ส่งผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางภายในลำไผ่ช่วงการทำลายเพิ่มขึ้นจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลายเล็กน้อยจากการกินของตัวหนอน แต่ไผ่ยังสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ (Kayikananta, 1997) เมื่อเทียบกับความรุนแรงของด้วงวงเจาะหน่อไผ่ ในขณะที่การทำลายของหนอนแมลงวันไม่ส่งผลกระทบต่อลำไผ่ทางด้านเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

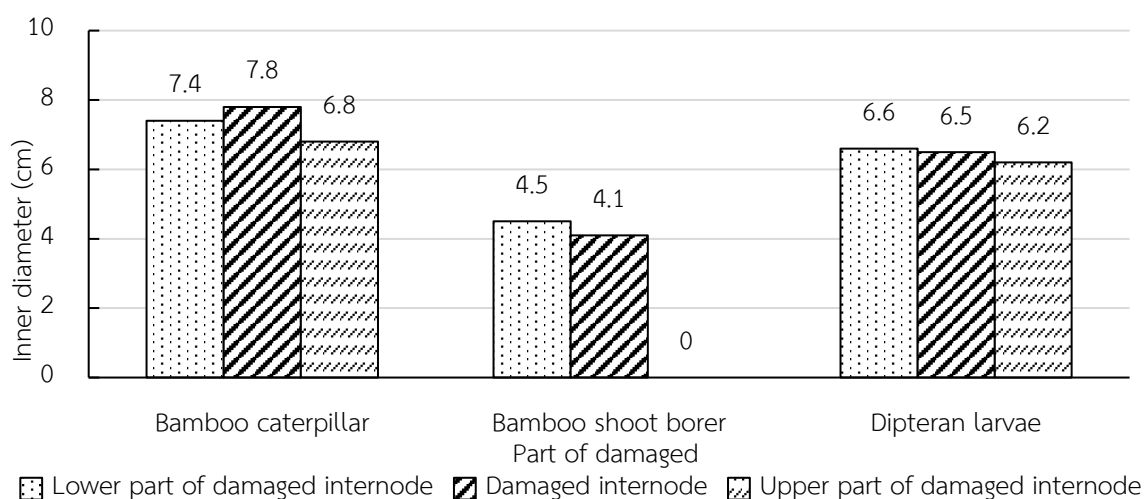


Figure 5 The inner diameter of a damaged internode.

2. ความหนาเนื้อไม้

เมื่อพิจารณาความหนาเนื้อไม้ลำไผ่ที่มีการทำลายจากหนอนไหมไผ่ พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 2.2 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายน้อยมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 1.5 เซนติเมตร ลดลงร้อยละ 31.8 ของปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย ในขณะที่ปล้องถูกทำลายมาก (ปล้อง 9-13) มีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 1.0 เซนติเมตร ซึ่งลดลงร้อยละ 33.3 จากปล้องถูกทำลายน้อย และปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 0.7 เซนติเมตร ซึ่งลดลงจากปล้องที่มีการทำลายมากร้อยละ 30 แสดงให้เห็นว่า ความหนาเนื้อไม้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลายและลดลงมากบริเวณปล้องที่ถูกทำลายมาก เนื่องจากตัวหนอน

กินเยื่อไม้และเนื้อไม้ในปริมาณมาก ประกอบกับเนื้อไม้ที่ค่อนข้างอ่อนและตัวหนอนมีการเจริญเติบโตเต็มที่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Wiwatwitaya (1992) กล่าวว่า ตัวหนอนมีการกินมากขึ้นในช่วงก่อนระยะพักตัว เพื่อเป็นการกักตุนอาหาร ดังนั้น ช่วงการทำลายมากจึงมีร้อยละการลดลงของความหนาเนื้อไม้มากที่สุด และบอกได้ว่าความหนาเนื้อไม้มีความสำคัญต่อหนอนไหมไผ่ด้านปริมาณอาหาร หากไม่เพียงพอต่อสำหรับหนอนไหมไผ่ภายในลำ อาจส่งผลให้การทำลายรุนแรงขึ้นหรือส่งผลให้หน่อไผ่และหนอนไหมไผ่ตายได้

นอกจากนี้การทำลายจากด้วงวงเจาะหน่อไผ่ พบว่า ปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 1.2 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 0.9

เซนติเมตร ซึ่งลดลงร้อยละ 25 จากปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย แต่มีส่วนยอดของหน่อไฟคือปล้องการทำลายสุดท้ายที่รุนแรงที่สุด (Choldumrongkul, 1991) สำหรับความเสียหายที่เกิดจากหนอนแมลงวัน พบว่าปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 1.12 เซนติเมตร ปล้องถูกทำลายมีความหนาเนื้อไม้เฉลี่ย 1.07 เซนติเมตร ลดลงจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลายร้อยละ 4.5 ในขณะที่ปล้องเหนือปล้องถูกทำลายมีเนื้อไม้หนาเฉลี่ย 0.84 เซนติเมตร ซึ่งลดลงร้อยละ 21.5 จากปล้องถูกทำลาย จะเห็นได้ว่าความเสียหายที่เกิดจากหนอนไม้ไฟที่มีการกินเนื้อไฟเพียงบางส่วน และทำให้เนื้อไม้ไฟแข็งขึ้น

(Kayikananta, 1997) ความหนาเนื้อไม้จึงลดลง แต่เนื้อไม้ส่วนที่เหลือสามารถเจริญต่อไปได้ (Wiwatwitaya and Na Lampang, 1992) ซึ่งต่างจากความเสียหายที่เกิดจากด้วงวงเจาะหน่อไฟ แม้ว่าเนื้อไม้ปล้องที่เหลือมีความหนาลดลงเพียงเล็กน้อยแต่ทำลายบริเวณยอดหน่อไฟอย่างรุนแรง ไฟจึงไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ในขณะที่การทำลายของหนอนแมลงวันส่งผลกระทบต่อความหนาเนื้อไม้เพียงเล็กน้อยร่วมกับจำนวนปล้องที่ถูกทำลายที่น้อย ไฟจึงได้รับความเสียหายด้านความหนาเนื้อไม้น้อยกว่าลำไฟที่พบหนอนไม้ไฟเข้าทำลาย (Figure 6)

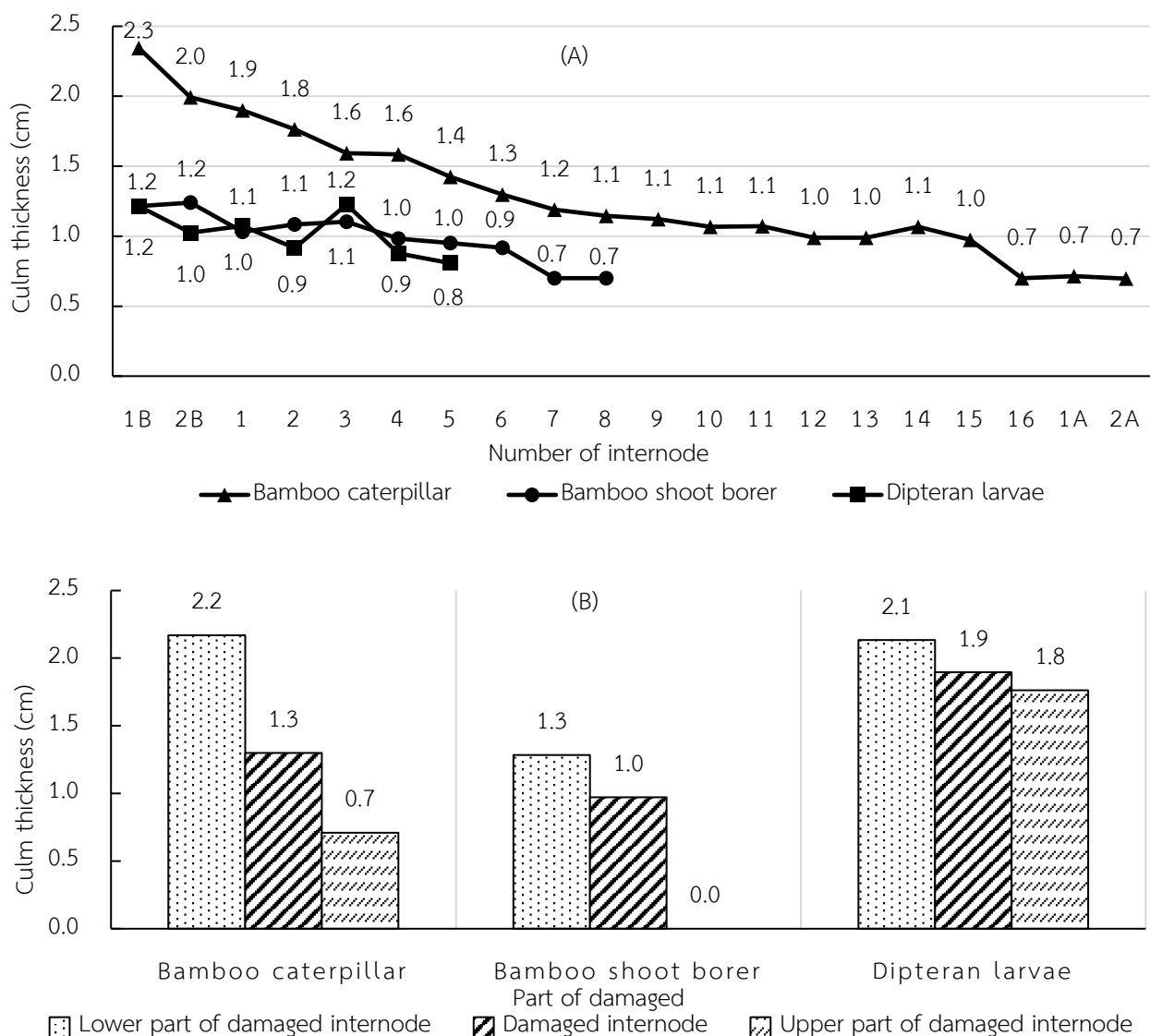


Figure 6 Culm thickness of a damaged internode (A) culm thickness of number of internode and (B) culm thickness of damaged internode.

Remarks: 1B, 2B: 1st, 2nd lower part of a damaged internode; 1A, 2A: 1st, 2nd upper part of a damaged internode

3. ร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้

จากการศึกษาภายในปล้องไม้ พบว่าแต่ละปล้องมีส่วนของเยื่อไม้และเนื้อไม้หายไปบางส่วน และเนื้อไม้ภายในเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ลำไม้บางลำพบว่าปล้องก่อนปล้องถูกทำลายมีส่วนของเยื่อไม้หายไปเล็กน้อย เฉลี่ยร้อยละ 8 ของเยื่อไม้ทั้งหมด ซึ่งพบว่า เป็นลำที่พบรูเจาะเข้าอยู่ใต้ปล้องที่พบรูเจาะออกของหนอนไม้ไผ่แน่นอน โดยร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้มีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปล้องถูกทำลายช่วงแรกและลดลงบริเวณปล้องถูกทำลายช่วงปลาย ซึ่งแต่ละปล้องมีการกินเยื่อไม้มากกว่าการกินเนื้อไม้อย่างชัดเจน และบริเวณที่ถูกกินเนื้อไม้บริเวณนั้นจะถูกกินเยื่อไม้ไปก่อนแล้ว ปล้องที่ถูกกินเยื่อไม้และเนื้อไม้ในระดับต่ำ เฉลี่ย 4 ปล้อง และ 6 ปล้อง ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 16.1 ในการกินเยื่อไม้ และร้อยละ 15 ในการกินเนื้อไม้ ปล้องที่ถูกกินเยื่อไม้และเนื้อไม้ในระดับปานกลาง พบเฉลี่ย 7 ปล้อง และ 6 ปล้อง ตามลำดับ มีร้อยละการกินเยื่อไม้เฉลี่ยร้อยละ 36 และร้อยละการกินเนื้อไม้ร้อยละ 41 ปล้องที่ถูกกินเยื่อไม้ในระดับสูง พบเฉลี่ย 6 ปล้อง บริเวณปล้องถูกทำลายที่ 8-13 มีร้อยละการกินเฉลี่ยร้อยละ 62.9 และปล้องที่ถูกกินเนื้อไม้ในระดับสูง 3 ปล้อง บริเวณปล้องถูกทำลายที่ 10-12 มีร้อยละการกินเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 63 ซึ่งปล้องไม้บริเวณที่มีการกินในระดับสูงนี้ พบว่ามีเนื้อไม้ทะลุเป็นร่องตามแนวยาวของปล้องจนสามารถมองเห็นช่องว่างภายในปล้องไม้ได้ หากมีร้อยละการกินเนื้อไม้มากจะสามารถพบร่องทะลุที่รุนแรงมากขึ้น ส่วนปล้องถูกทำลายช่วงท้ายพบว่ามีร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้น้อยลงเป็นเพียงระดับปานกลางหรือต่ำ ซึ่ง Wiwatwitaya and Na Lampang (1992) รายงานว่า ความรุนแรงของการทำลายของหนอนไม้ไผ่ขึ้นอยู่กับความอ่อนของไม้และระยะของตัวหนอน ระยะแรกที่มีการ

ทำลายน้อยซึ่งเกิดจากตัวหนอนที่มีขนาดเล็ก ส่วนปากยังไม่แข็งแรง เมื่อตัวหนอนมีขนาดใหญ่ขึ้นและทำลายบริเวณส่วนยอดไม้ การทำลายจึงมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้นนั่นเอง และรายงานว่าร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้แตกต่างกันตามปล้องที่ถูกทำลายอย่างชัดเจน

เมื่อเปรียบเทียบกับร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้ของด้วงวงเจาะหน่อไม้และหนอนแมลงวัน พบว่า การกินมีร้อยละเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งลำที่พบด้วงวงเจาะหน่อไม้ทำลายบริเวณปล้องถูกทำลายที่ 5 จนถึงปล้องการทำลายสุดท้ายอยู่ในระดับสูงและมีร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้สูงสุดถึงร้อยละ 100 ซึ่งส่งผลให้ยอดไม้หักและตายนั่นเอง สอดคล้องกับการศึกษาของ Choldumrongkul (1991) ซึ่งพบว่าด้วงวงตัวเต็มวัยกินเนื้อเยื่อและน้ำเลี้ยงภายในหน่อไม้ และระยะตัวหนอนทำลายเนื้อเยื่อไปหายอดและทำลายอย่างรุนแรง สำหรับการทำลายของหนอนแมลงวัน พบจำนวนปล้องถูกทำลายเฉลี่ยเพียง 4 ปล้อง พบร้อยละการกินเยื่อไม้ในระดับสูงบริเวณปล้องถูกทำลายที่ 1 และ 2 เฉลี่ยร้อยละ 64.8 และร้อยละการกินเนื้อไม้เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 30 ซึ่งเป็นระดับต่ำ พบบริเวณปล้องถูกทำลายที่ 2 ส่วนปล้องถูกทำลายช่วงท้ายมีร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้ลดลงเหลือเพียงระดับต่ำ จาก Figure 7 ร้อยละการกินเยื่อไม้และเนื้อไม้ของหนอนไม้ไผ่สร้างความเสียหายต่อลำไม้เพียงบางส่วน ซึ่งทำให้เนื้อไม้ไม้แข็งขึ้น โดย Kayikananta (1997) รายงานไว้ว่า ลำไม้ที่หนอนไม้ไผ่เข้าทำลายมีความแข็งให้น้ำหนักมากกว่าลำปกติ จึงนำลำไม้ไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น เสา ไม้ค้ำกิ่ง เครื่องใช้ เป็นต้น ดังนั้น ลำไม้ที่เกิดจากการทำลายของหนอนไม้ไผ่ นอกจากได้ผลผลิตหนอนไม้ไผ่แล้วสามารถนำไม้ไผ่ไปใช้ประโยชน์ต่อได้มากกว่าด้วงวงเจาะหน่อไม้และหนอนแมลงวัน

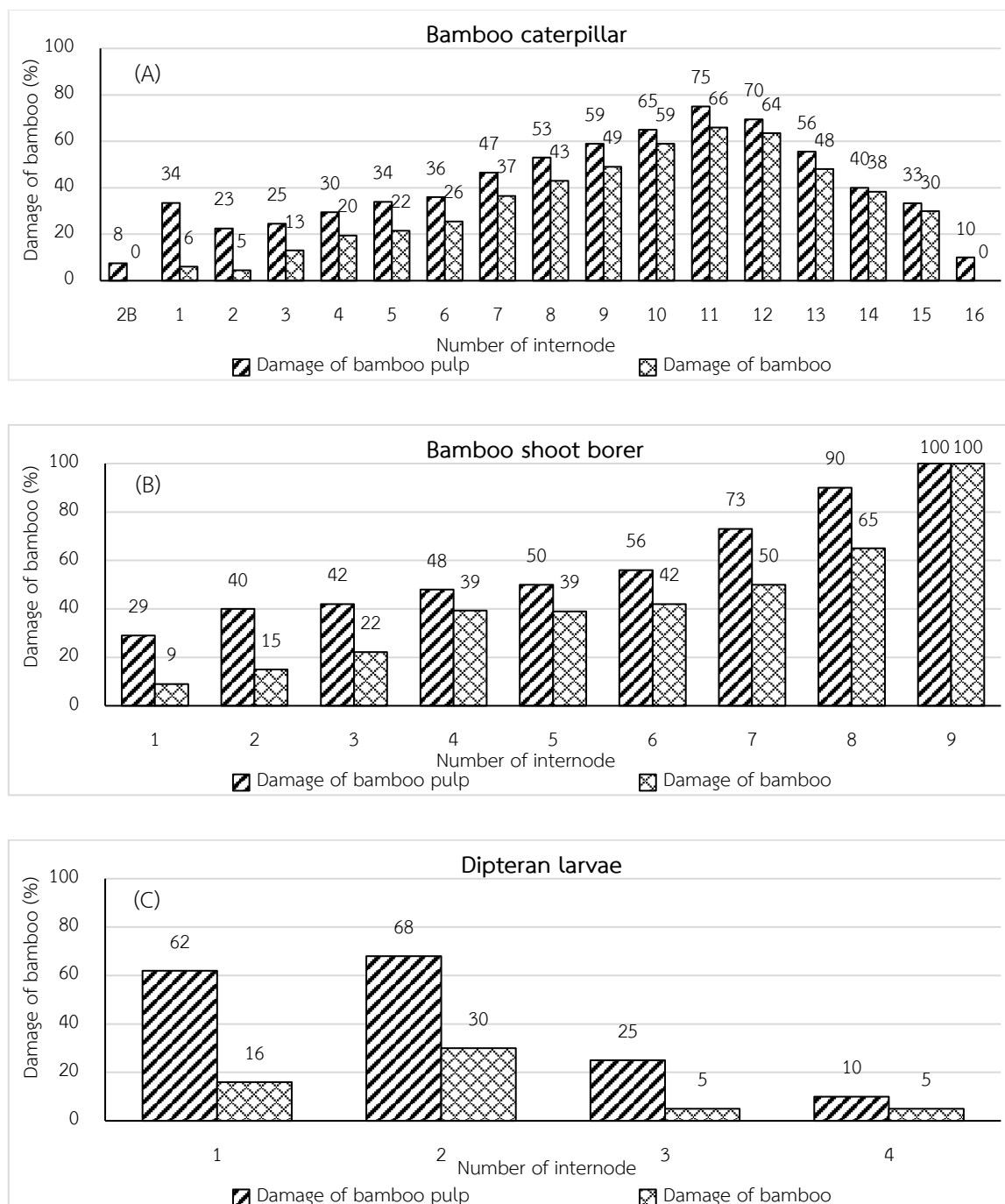


Figure 7 Percentage damage to the bamboo (A) bamboo caterpillar (B) bamboo shoot borer and (C) dipteran larvae.

Remarks: 2b lower part of a damaged internode.

สรุป

จากการศึกษาพบจำนวนหนอนไม้ไผ่ในลำเฉลี่ย 190 ตัวต่อลำ น้ำหนักรวมเฉลี่ย 89.7 กรัมต่อลำ โดยหนอนระยะตัวเต็มวัยมีน้ำหนักเฉลี่ย 0.5 กรัมต่อตัว พบจำนวนปล้องไม้ที่ถูกหนอนไม้ไผ่เข้าทำลายเฉลี่ย 14 ปล้องต่อลำ คิดเป็น 28% ของจำนวนปล้องทั้งหมดของลำ มีปล้องสั้นร่วมกับเนื้อไม้ทะลุเป็นร่องเฉลี่ย 5 ปล้องต่อลำ บริเวณปล้องการทำลายที่ 9-13 ซึ่ง

เป็นลักษณะที่แตกต่างจากการทำลายของด้วงวงเจาะหน่อไผ่และหนอนแมลงวัน ที่มีจำนวนปล้องการทำลายเฉลี่ย 14 ปล้องและ 3 ปล้อง ตามลำดับ การทำลายของหนอนไม้ไผ่ไม่ส่งผลกระทบต่อขนาดความโตของปล้อง แต่ส่งผลให้ความยาวปล้องไผ่ลดลงจากปล้องก่อนปล้องถูกทำลาย คิดเป็นร้อยละ 48.8 และมีปล้องเหนือปล้องถูกทำลายที่มีความยาวปล้องเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แตกต่างจากลำที่ด้วงวงเจาะหน่อไผ่เข้าทำลายที่

ความยาวปล้องสั้นลงอย่างต่อเนื่องและไม่มีปล้องเหนือปล้อง ถูกทำลาย เส้นผ่านศูนย์กลางภายในของปล้องถูกทำลาย เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากปล้องก่อนปล้องการทำลาย และมี ความหนาเนื้อไผ่ลดลงมากบริเวณปล้องถูกทำลายมาก แต่การทำลายของด้วงวงเจาะหน่อไผ่และหนอนแมลงวันมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและความหนาเนื้อไผ่ลดลงต่อเนื่องจากปล้องการทำลายแรก บริเวณที่ถูกทำลายมากจากหนอนไม้ไผ่มี ร้อยละการกินเนื้อไผ่เฉลี่ยร้อยละ 62.9 พบเฉลี่ย 6 ปล้องต่อลำ และมีร้อยละการกินเนื้อไผ่เฉลี่ยร้อยละ 63.0 เฉลี่ย 3 ปล้องต่อลำ ซึ่งอยู่ในระดับสูง โดยร้อยละการกินมีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจากปล้องถูกทำลายช่วงแรกและลดลงบริเวณ ปล้องถูกทำลายช่วงปลาย ซึ่งร้อยละการกินเนื้อไผ่และเนื้อไม้ของด้วงวงเจาะหน่อไผ่อยู่ในระดับสูงร้อยละ 100 ส่งผลให้ ยอดไผ่หักและตาย ส่วนหนอนแมลงวันกินเนื้อไม้ในระดับต่ำ และจากการศึกษาพบจำนวนตัวหนอนไม้ไผ่มากที่สุด 484 ตัวต่อลำ โดยมีน้ำหนักไม่แตกต่างจากลำอื่น จึงสรุปได้ว่า ไผ่หวาน อ่างขางเป็นพืชอาหารและที่อาศัยของหนอนไม้ไผ่ ที่สามารถให้ ปริมาณหนอนไม้ไผ่และน้ำหนักตัวหนอนได้มากยิ่งขึ้น และเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการศึกษาด้านการเพิ่มผลผลิตหนอนไม้ไผ่ต่อลำต่อไป

REFERENCES

- Choldumrongkul, A. 1991. Shoot damages in *Dendrocalamus strictus* Nees and *Gigantochloa hasskarliana* Back. ex. K. Heyne caused by *Cyrtotrachelus* sp. and dried out disease. **Thai Journal of Forestry**, 10: 115–119. (in Thai)
- Kamolngam, S. 2015. **Involvement of Ecdysone Inducible Gene in Larval Diapause Termination in Bamboo Borer (*Omphisa fuscidentalis* Hampson)**. M.S. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.
- Kayikananta, L. 1994. Biological and ecological study on bamboo caterpillar (*Omphisa* sp.). In: **Proceedings of the Forestry Conference**. RFD, Surat Thani, Thailand, pp.159–171. (in Thai)
- Kayikananta, L. 1997, **Biological Study and Rearing Techniques on Bamboo Caterpillar, *Omphisa fuscidentalis* Hampson**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand.
- Kayikananta, L. 2000. Biological study and rearing techniques on bamboo caterpillar, *Omphisa fuscidentalis* Hampson. In: **Proceedings of the 38th Kasetsart University Annual Conference**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp. 450–459. (in Thai)
- Jun, M. 2017. **Edible Insect of The World**. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Phungchik, T. 2008. Amazing bamboo plant. **Journal of Forest Management**, 2(4): 58–68. (in Thai)
- Phungchik, T., Ruensuk, P., Jirakiattikul, Y. 2015. Study on growth of four bamboo varieties. **Thai Journal of Science and Technology**, 4(3): 302–309. (in Thai)
- Phungchik, T., Promproh, K., Harakotr, B. 2016. Effect of chemical fertilizer on growth of bamboo (*Dendrocalamus sericeus*) seedling. **Thai Journal of Science and Technology**, 5: 246–255. (in Thai)
- Protected Area Rehabilitation and Development Office. 2019. **Bamboo Inventory in Thailand**. <https://shorturl.asia/r3lub>, 28 October 2019.
- Singhatripop, T. 2012. **The miracle of Bamboo Borer Life**, 1st ed. Nopburee Press, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Sompoh, B., Ruantip, A., Chadthasing, B., Wongsrikaew, C., Wongsrikaew, P., Theoprasong, T., Aewsakulthong, W. 2015. **The Properties and Anatomy of Some Bamboo Species**. <https://shorturl.asia/wiu7F>, 4 September 2019.
- Suksard, S., Wiwatwitaya, D. 1998. Marketing of bamboo caterpillar (*Omphisa* sp.). **Thai Journal of Forestry**, 17: 36–42. (in Thai)

Sungkaew, S., Teerawatananon, A., Jindawong, K., Thaiutsa, B. 2007. Diversity of highland bamboos. **Thai Journal of Forestry**, 26: 1–11. (in Thai)

Sungkaew, S., Teerawatananon, A., Jindawong, K. 2011. **Bamboo of Thailand**. Amarin Printing & Publishing Public Co., Ltd., Bangkok, Thailand. (in Thai)

Wiwatwitaya, D. 1992. Biology of Bamboo caterpillar. In: **Proceeding of the Forestry Conference 1992**. RFD, Bangkok, Thailand, pp. 99–110. (in Thai)

Wiwatwitaya, D., Na Lampang, S. 1992. Bamboo caterpillar (Lepidoptera: Pyralidae) . **Thai Journal of Forestry**, 11: 16–21. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าปลูกทดแทนด้วยข้อมูลจากดาวเทียม

Sentinel-2 บริเวณเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

Above-ground Carbon Storage Estimation of a Reforestation Site at Mae Moh Mine,
Lampang Province, Using Sentinel-2 Satellite Data

วีระภาส คุณรัตนศิริ¹

Weeraphart Khunrattanasiri¹

อลงกรณ์ อมะระกุล^{1*}

Alongkorn Amarakul^{1*}

ลัดดาวรรณ เจริญตระกูล²

Laddawan Rianthakool²

ฐิตินันท์ หุตะยานนท์³

Thitinan Hutayanon³

¹ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

²ภาควิชาวิศวกรรมป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

³การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง 52220

³Electricity Generating Authority of Thailand (EGAT), Mae Moh Mine, Lampang 52220, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: alongkorn.a@ku.th

รับต้นฉบับ 22 มิถุนายน 2566

รับแก้ไข 7 สิงหาคม 2566

รับลงพิมพ์ 22 สิงหาคม 2566

ABSTRACT

This research aimed to determine the relationship between above-ground carbon sequestration and vegetation index derived from Sentinel-2 satellite data to estimate the above-ground carbon sequestration of a reforestation site at Mae Moh mine in the Lampang province. Twenty five permanent plots of size 40 m × 40 m were selected and tree data, including diameter at breast height (DBH) and total height (H), were collected. An allometric equation was developed to determine the relationship between the above-ground carbon sequestration and vegetation index through linear regression. The results showed that the above-ground carbon sequestration estimated through RVI (ratio vegetation index) was sufficiently accurate. The model was of the form $y = -65.57 + 57.57x$ ($R^2 = 0.75$), with an RMSE of 11.14 tons of carbon dioxide equivalent per hectare. The average estimated above-ground carbon sequestration was 41.56 tons of carbon per hectare, while the total above-ground carbon sequestered at the reforestation site was 81,843.28 tons of carbon. The average carbon dioxide adsorption was 152.53 tons of carbon dioxide equivalent per hectare, while the total carbon dioxide adsorbed by the reforestation site being 300,374.28 tons of carbon dioxide equivalent.

Keywords: Above-ground carbon storage; Biomass; Remote sensing; Sentinel-2

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่าดัชนีพืชพรรณของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ในการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน บริเวณเหมืองแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยใช้แปลงถาวรที่มีขนาด 40×40 ตารางเมตร จำนวน 25 แปลง เก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกและความสูงทั้งหมดของต้นไม้ คำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยใช้สมการแอลโลเมตรี และวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่าดัชนีพืชพรรณด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินด้วยดัชนีพืชพรรณ RVI มีความเหมาะสมที่สุด โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ คือ $y = -65.57 + 57.57x$ มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด เท่ากับ 0.75 และมีค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 11.14 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ สามารถประมาณค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 41.56 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน เท่ากับ 81,843.28 ต้นคาร์บอน คิดเป็นการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 152.53 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ และปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน เท่ากับ 300,374.28 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

คำสำคัญ: การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน มวลชีวภาพ การรับรู้ระยะไกล ดาวเทียม Sentinel-2

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจกที่มีสาเหตุหลักมาจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล การทำลายป่า และการเสื่อมโทรมของป่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศเขตร้อน ส่งผลให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เกิดปรากฏการณ์ภาวะโลกรวน (climate change) ในปัจจุบันได้มีการสร้างกลไกการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างกลไกเรดด์พลัส (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, REDD+) ที่มีแนวคิดในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการทำลายป่าในประเทศกำลังพัฒนา ครอบคลุมถึงการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน และการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ในพื้นที่ป่าไม้ (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2014) กลไกเรดด์พลัสกำหนดให้การปล่อยและกำจัดก๊าซเรือนกระจกต้องมีเกณฑ์มาตรฐานเทียบกับระดับอ้างอิงเพื่อประเมินผลกระทบในหน่วยเทียบเท่าต้นคาร์บอนไดออกไซด์ (tCO₂) และรายงานการปรับปรุงทุกสองปี (Herold *et al.*, 2019) โดยป่าไม้มีบทบาทสำคัญในการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เพราะเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศ (carbon pool) มากักเก็บไว้ในรูปของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass, AGB) (Intergovernmental Panel on Climate

Change, 2003) ซึ่งสามารถคำนวณเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (above-ground carbon, AGC) ได้ โดยการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามจะให้ค่าประมาณของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่น่าเชื่อถือที่สุด (Tomppo *et al.*, 2010) แต่สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ต้องใช้เวลาและแรงงานมาก ซึ่งในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมา เทคนิคการรับรู้จากระยะไกลได้พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว มีการนำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ต่างกันมาศึกษาการประมาณปริมาณการกักเก็บมวลชีวภาพเหนือพื้นดินโดยใช้ดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย (Xue and Su, 2017; Ali *et al.*, 2018; Puliti *et al.*, 2021) และมีข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่เปิดให้บริการฟรีโดยไม่คิดค่าใช้จ่ายให้แก่ผู้ใช้งานทุกระดับ ดังนั้นการเปรียบเทียบค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเทียบกับค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลจะทำให้ทราบความน่าเชื่อถือและความถูกต้องของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

ประเทศไทยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกประมาณ 354,357.61 กิกะกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (GgCO₂eq) ในปี พ.ศ. 2559 โดยมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุดจากการผลิตไฟฟ้าและความร้อนประมาณ 108,238.60 GgCO₂eq คิดเป็นร้อยละ 42.84 ของภาคพลังงาน (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2020) เหมืองแม่เมาะเป็นเหมืองแบบเปิดที่ใหญ่ที่สุดในเอเชีย

ตะวันออกเฉียงใต้ (Electricity Generating Authority of Thailand, 2016) ตั้งอยู่ที่จังหวัดลำปาง มีหน้าที่ผลิตถ่านหินลิกไนต์เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า ซึ่งการทำเหมืองเป็นโครงการที่ทำลายสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง จึงจำเป็นต้องมีมาตรการเพื่อลดผลกระทบของการทำเหมืองต่อสิ่งแวดล้อมตามแผนแม่บทฟื้นฟูสภาพเหมืองได้กำหนดวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ประโยชน์สุดท้ายของที่ดินเป็นการปลูกป่าทดแทนร้อยละ 93 ของพื้นที่ ทำให้เกิดโครงการปลูกป่าทดแทนขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2525 (Revision of Mine Master Plan Committee, 2020) ซึ่งจะเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญของจังหวัดลำปางหลังเลิกทำเหมืองแล้ว การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลกับค่าดัชนีพืชพรรณของข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ในการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินบริเวณพื้นที่ปลูกป่าทดแทนของ

เหมืองแม่เมาะ ซึ่งการศึกษานี้จะมีบทบาทสำคัญในการติดตามปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของจังหวัดลำปาง

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

เหมืองแม่เมาะเป็นเหมืองถ่านหินลิกไนต์แบบเปิดตั้งอยู่ในเขตตำบลแม่เมาะและตำบลบ้านดง อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง (Figure 1) เป็นที่ราบระหว่างภูเขา สูงประมาณ 320 ถึง 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีพื้นที่ประมาณ 41,700 ไร่ พิกัดทางภูมิศาสตร์อยู่ระหว่าง $18^{\circ} 17'$ ถึง $18^{\circ} 22' N$ และ $99^{\circ} 40'$ ถึง $99^{\circ} 46' E$ มีฤดูกาล 3 ฤดู ได้แก่ ฤดูร้อน (มีนาคมถึงพฤษภาคม) ฤดูฝน (พฤษภาคมถึงตุลาคม) และฤดูหนาว (พฤศจิกายนถึงกุมภาพันธ์) มีป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณเป็นประเภทป่าดั้งเดิมของพื้นที่ (TEAM Consulting Engineering and Management Public Co. Ltd., 2017)

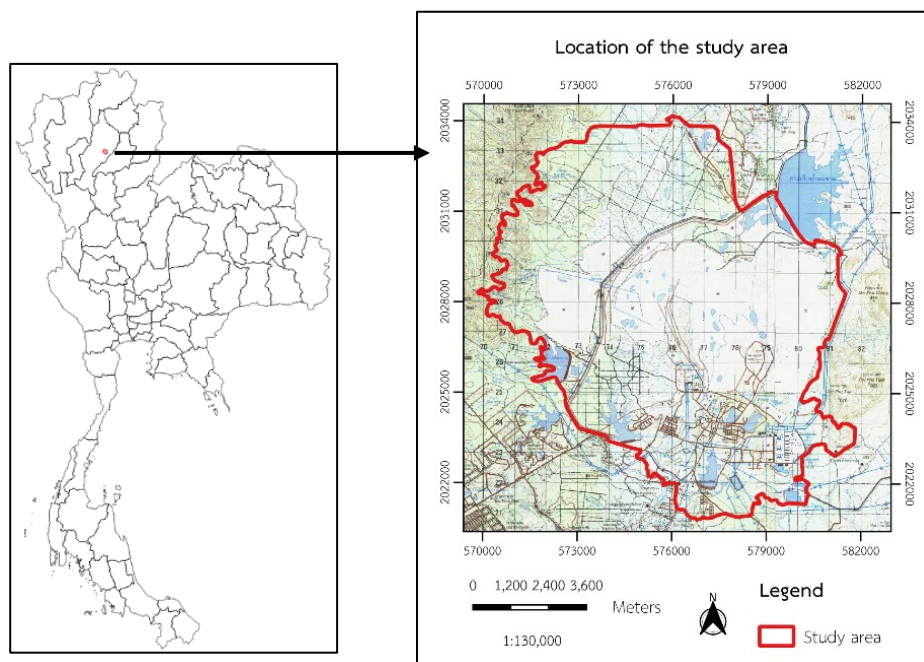


Figure 1 Location of the study area at Mae Moh mine in the Lamphang province.

การเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียม

1. ข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2

คัดเลือกข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ระบบบันทึกข้อมูล MSI ความละเอียดจุดภาพ 10 เมตร ผลิตภัณฑ์ L1C บันทึกภาพเมื่อวันที่ 8 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 โดยได้รับการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีจากผู้ผลิตและผู้ให้บริการข้อมูลแล้ว (European Space Agency, 2015)

2. การสังเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ

นำข้อมูลภาพดาวเทียมมาสังเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ 6 ดัชนี ได้แก่ ดัชนีพืชพรรณแบบสัดส่วน (RVI) ดัชนีพืชพรรณแบบผลต่าง (DVI) ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ดัชนีพืชพรรณ Soil Adjusted (SAVI) ดัชนีพืชพรรณ Renormalized Difference (RDVI) และดัชนีพืชพรรณ Green Normalized Difference (GNDVI) (Table 1) (Xue and Su, 2017; Khunrattanasiri, 2020;)

Table 1 The various Vegetation indices used in this study.

Indices	Formula
Ratio Vegetation Index (RVI)	$RVI = \frac{NIR}{R}$
Difference Vegetation Index (DVI)	$DVI = NIR - R$
Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	$NDVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R)}$
Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)	$SAVI = \frac{(NIR - R)}{(NIR + R + L)} \times (1 + L)$
Renormalized Difference Vegetation Index (RDVI)	$RDVI = \frac{(NIR - R)}{\sqrt{(NIR + R)}}$
Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI)	$GNDVI = \frac{(NIR - G)}{(NIR + G)}$

Remarks: NIR = infrared band

R = red band

L = soil conditioning index

G = green band

การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

คัดเลือกแปลงปลูกป่าทดแทนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525-2550 ซึ่งเป็นแปลงถาวรขนาด 40×40 ตารางเมตร จากจำนวนทั้งหมดมาปีละ 1 แปลง เพื่อเป็นตัวแทนของปีปลูกนั้น ๆ ในกรณีที่ 1 ปีปลูก มีมากกว่า 1 แปลง ใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (simple random sampling) ในการคัดเลือกแปลงตัวแทน ได้จำนวน 25 แปลง เก็บข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (DBH) ความสูงทั้งหมด (H) และชนิดไม้ของต้นไม้ทุกต้นที่มีขนาด DBH มากกว่า 4.5 เซนติเมตร โดยแบ่งแปลงตัวอย่างเป็นแปลงสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลและแปลงสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องตามวิธีการของ Katong (2018)

การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของ Ogawa *et al.* (1965) และ Viriyabuncha (2020) ดังสมการที่ (1-4) เนื่องจากชนิดไม้ที่นำมาปลูกฟื้นฟูสอดคล้องกับชนิดป่าเบญจพรรณซึ่งเป็นพรรณไม้ดั้งเดิมของพื้นที่

$$W_s = 0.0396 (D^2H)^{0.9326} \quad (1)$$

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

$$W_l = 1 / (28 / (W_s + W_b) + 0.025) \quad (3)$$

$$AGB = W_s + W_b + W_l \quad (4)$$

โดยที่ W_s = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม)

AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอก (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมด (เมตร)

คำนวณหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากมวลชีวภาพเหนือพื้นดินตามวิธีการของ IPCC (2003) ที่ได้กำหนดค่าสัดส่วนคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.47 จากนั้นศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (ตัวแปรตาม) กับค่าดัชนีพืชพรรณ (ตัวแปรต้น) โดยวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (linear regression analysis) นำสมการที่ดีที่สุดไปประมาณหาค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด (R^2) ที่มีค่าสูงที่สุด นำข้อมูลแปลงตัวอย่างที่เตรียมไว้สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องมาประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินด้วยสมการที่ดีที่สุด เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการถดถอยของข้อมูลภาพถ่ายเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลเป็นร้อยละทดสอบสถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และค่าราก

ของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (root mean square error: RMSE) จากนั้นนำสมการที่ดีที่สุดมาใช้ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมดและการดูดซับก๊าซ-

คาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมดของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน เขื่อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง สรุปเป็นแผนภาพขั้นตอนได้ดัง Figure 2

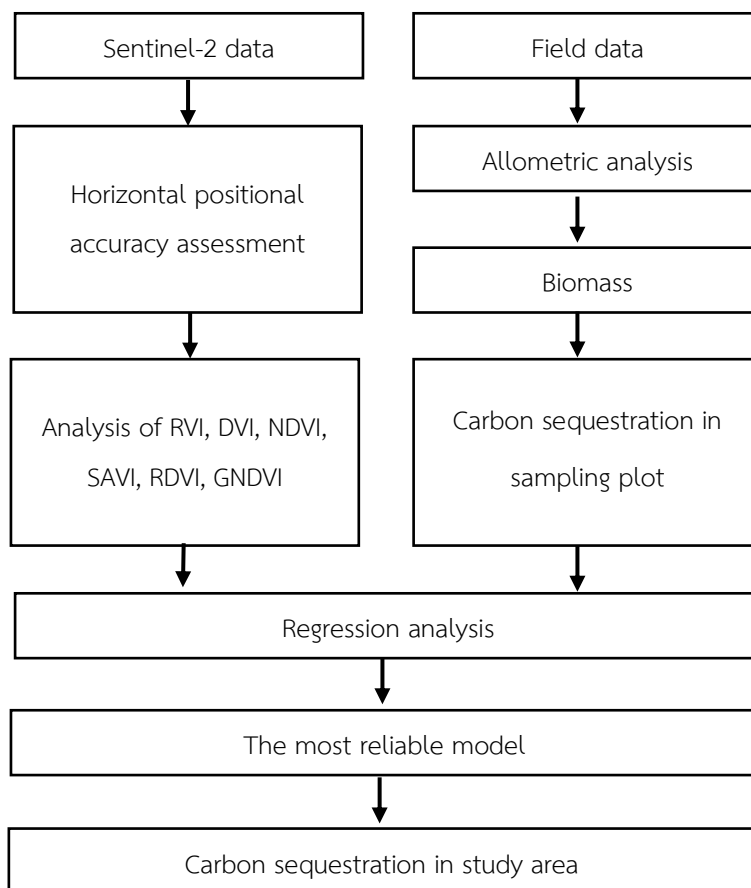


Figure 2 Flowchart of the study.

ผลและวิจารณ์

การวิเคราะห์ข้อมูลภาคสนาม

คำนวณปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินด้วยสมการแอลโลเมตรี โดยใช้ข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของต้นไม้ทั้ง 25 แปลง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525–2550

จากนั้นนำไปคูณกับค่าสัดส่วนคาร์บอน (Thailand Greenhouse Gas Management Organization, 2016) ได้เป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน พบว่า มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 85.39 ตันต่อเฮกตาร์ และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 40.13 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Table 2)

Table 2 Average AGB and AGC sequestered as estimated by the allometric equation.

Plot	AGB sequestration (ton/ha)	AGC sequestration (ton/ha)
1982-1986	140.59	66.08
1987-1991	86.88	40.83
1992-1996	82.96	38.99
1997-2001	79.11	37.18
2002-2007	45.65	21.45
Average	85.39	40.13

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่าดัชนีพืชพรรณ

จากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสอง พบว่า การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจากข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่า RVI สูงสุด เท่ากับ 0.75 สอดคล้องกับ

การศึกษาของ Katong (2018) ที่พบว่า ข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่า RVI สูงสุด เช่นเดียวกัน แสดงแผนภาพการกระจายของข้อมูลระหว่างค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินกับค่าดัชนีพืชพรรณ และเส้นแนวโน้มแบบเส้นตรงจากข้อมูลภาพดาวเทียม Sentinel-2 ดัง Figure 3 แสดงรายละเอียดรูปแบบสมการการถดถอยเชิงเส้นค่าสหสัมพันธ์และค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดใน Table 3

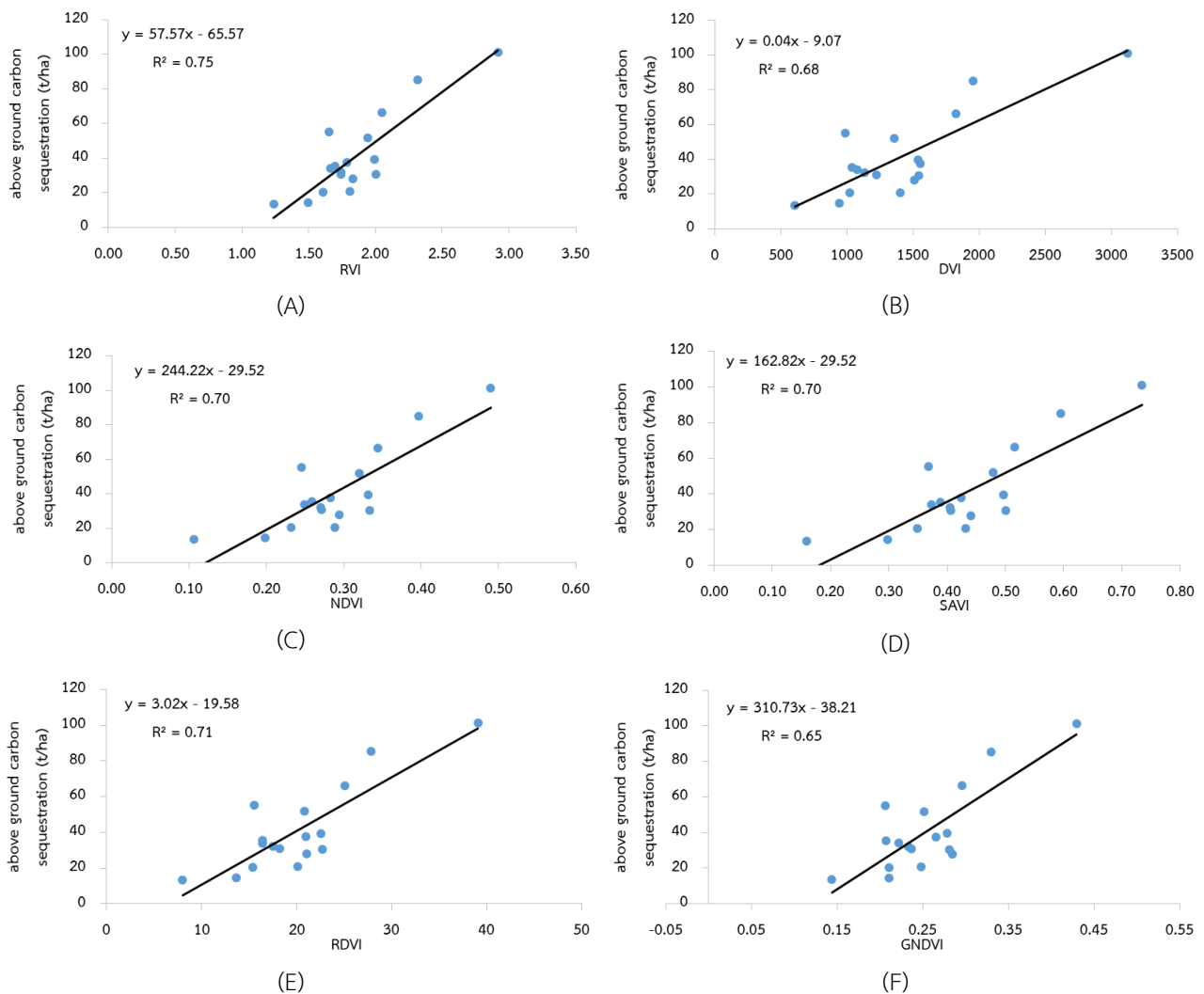


Figure 3 Distribution of data (A-F) between the AGC sequestration and VIs values based on the Sentinel-2 data.

Table 3 Mathematical form of the linear regression equations, correlations, and coefficient of determination of various indices derived from Sentinel-2.

Indices	Sentinel-2		
	Equation	R	R ²
RVI	$y = -65.57 + 57.57x$	0.87	0.75
DVI	$y = -9.07 + 0.04x$	0.83	0.68
NDVI	$y = -29.52 + 244.22x$	0.83	0.70
SAVI	$y = -29.52 + 162.82x$	0.83	0.70
RDVI	$y = -19.58 + 3.02x$	0.84	0.71
GNDVI	$y = -38.21 + 310.73x$	0.80	0.65

Remark: x is each indicator in column from table.

การวิเคราะห์หาสมการที่เหมาะสมในการประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน

เมื่อพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดแล้วพบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากการคำนวณด้วยสมการแอลโลเมตรีมีความสัมพันธ์กับค่า RVI มากที่สุด จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) พบว่ามีค่าสถิติทดสอบ F เท่ากับ 46.12 ซึ่งมีค่ามากกว่าค่าวิกฤต ($F_{0.05(1,16)} = 4.49$) ดัง Table 4 จึงปฏิเสธสมมติฐาน H_0 และยอมรับสมมติฐาน H_1 หมายความว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินมีความสัมพันธ์กับค่า RVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$)

สอดคล้องกับการศึกษาของ Katong (2018) ที่พบว่าสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน เขื่อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง คือ สมการที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของ Sibanda *et al.* (2015) Ali *et al.* (2018) และ Puliti *et al.* (2021) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนดของสมการความสัมพันธ์สำหรับการประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 มีค่าสูงเช่นเดียวกัน (Puliti *et al.*, 2021)

Table 4 ANOVA statistics results between the RVI obtained from Sentinel-2 and AGC sequestration.

	df	SS	MS	F	P-Value
Regression	1	7085.64	7085.64	46.12	0.00
Residual	15	2304.69	153.65		
Total	16	9390.33			

นำข้อมูลแปลงตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 8 แปลง ที่ได้สุ่มเลือกไว้ก่อนหน้านี้แล้ว มาตรวจสอบความถูกต้องในการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการความสัมพันธ์กับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม วิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลกับค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการแอลโลเมตรี โดยใช้สถิติทดสอบแบบ t-test พบว่า มีค่าสถิติทดสอบ t เท่ากับ -1.32 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงค่าวิกฤต ($t_{0.05(1,7)} = \pm 2.36$) (Table 5) แสดงว่า ผลการประมาณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินจากสมการที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 และ

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$) โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากสมการแอลโลเมตรีเท่ากับ 306.17 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ในขณะที่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากสมการความสัมพันธ์เท่ากับ 341.80 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นสัดส่วนต่างกันร้อยละ 11.64 และมีค่า RMSE เท่ากับ 11.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์

Table 5 t-test statistics results between RVI of Sentinel-2 and AGC sequestration.

	Allometric equations	Satellite image data
Mean	38.27	42.73
Variance	482.91	321.33
Observations	8.00	8.00
Pearson Correlation	0.90	
Hypothesized Mean Difference	0.00	
df	7.00	
t Stat	-1.32	
P(T<=t) one-tail	0.11	
t Critical one-tail	1.89	
P(T<=t) two-tail	0.23	
t Critical two-tail	2.36	

การประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน เขื่อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

จากการแทนค่าลงในสมการการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 คิดเฉพาะพื้นที่ปลูกป่าทดแทน ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด เท่ากับ 1,969.28 เฮกตาร์ สามารถประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย เท่ากับ 41.56 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 81,843.28 ตันคาร์บอน และมีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย เท่ากับ 152.53 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ คิดเป็นปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด เท่ากับ 300,374.28 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า เพิ่มขึ้นจากการศึกษาของ Katong (2018) ที่ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย เท่ากับ 25.76 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ในพื้นที่เดียวกัน และมากกว่าค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยของป่าเบญจพรรณในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ในการศึกษาของ Nuanurai (2005) ที่ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย เท่ากับ 34.26 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ในขณะที่การศึกษาของ Boonsang (2011) พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยของป่าเบญจพรรณในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าแม่ต๋น เท่ากับ 80.16 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แสดงว่า การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของพื้นที่ปลูกป่าทดแทน บริเวณเขื่อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีความ

ใกล้เคียงกับการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าเบญจพรรณมากขึ้น ซึ่งเป็นลักษณะสังคมพืชดั้งเดิมก่อนทำเหมือง

สรุป

พื้นที่ปลูกป่าทดแทน เขื่อนแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีบทบาทสำคัญในการลดความรุนแรงของการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศได้ เนื่องจากมีพื้นที่ขนาดใหญ่สำหรับดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จำนวนมากจากชั้นบรรยากาศ ดังนั้น การติดตามโครงการปลูกป่าด้วยการรับรู้จากระยะไกลจึงมีความสำคัญ จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าเมื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากการลงพื้นที่เก็บข้อมูลภาคสนามกับดัชนีพืชพรรณที่สังเคราะห์ได้จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น พบว่า ดัชนีพืชพรรณ RVI มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินที่คำนวณได้จากข้อมูลภาคสนามสูงที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด เท่ากับ 0.75 มีรูปแบบความสัมพันธ์คือ $Y = -65.57 + 57.57x$ มีความเหมาะสมที่สุดในการนำมาใช้ประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน โดยมีค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับ 11.14 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ สามารถประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ย คิดเฉพาะพื้นที่ปลูกป่าทดแทนทั้งหมด เท่ากับ 41.56 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ

81,843.28 ตันคาร์บอน มีการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เฉลี่ย เท่ากับ 152.53 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อเฮกตาร์ และมีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด เท่ากับ 300,374.28 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าสรุปได้ว่าการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสามารถช่วยในการติดตามการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ได้อีกทางหนึ่ง และการฟื้นฟูพื้นที่เมืองแม่มาะให้ได้ตามวัตถุประสงค์เพื่อการใช้ประโยชน์สุดท้าย จะช่วยให้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้เพิ่มมากขึ้นอีกในอนาคต

คำนิยม

การศึกษาครั้งนี้ได้รับการอนุเคราะห์ให้ใช้สถานที่ศึกษาจากคุณฉลอง สนธิม และขอขอบคุณคุณคุณจิตินันท์ หุตะยานนท์ และพี่ ๆ เจ้าหน้าที่เหมืองแม่มาะ จังหวัดลำปาง

REFERENCES

- Ali, A., Ullah, S., Bushra, S., Ahmad, N., Ali, A., Khan, M.A. 2018. Quantifying forest carbon stocks by integrating satellite images and forest inventory data. *Austrian Journal of Forest Science*, 135(2): 93-117.
- Boonsang, S. 2011. Estimation of Above - ground Carbon Sequestration of Forest Area by Using Remote Sensing Techniques at Mae Tuen Wildlife Sanctuary, Tak Province. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. 2014. *Survey and Assessment of Carbon Sequestration in Forest Areas*. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand (ACFT), Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Electricity Generating Authority of Thailand. 2016. *Measures to Prevent and Correct Environmental Impacts from Mining*. <https://mmmenv.egat.co.th/egatmmm/web/management.php>, 27 February 2023. (in Thai)
- European Space Agency. 2015. *Sentinel-2 User Handbook*. https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/user-guides/document-library/-/asset_publisher/xlslt4309D5h/content/sentinel-2-user-handbook, 25 November 2021.
- Herold, M., Carter, S., Avitabile, V., Espejo, A.B., Jonckheere, I., Lucas, R., McRoberts, R.E., Næsset, E., Nightingale, J., Petersen, R., Reiche, J., Romijn, E., Rosenqvist, A., Rozendaal, D.M.A., Seifert, F.M., Sanz, M.J., De Sy, V. 2019. The role and need for space-based forest biomass-related measurements in environmental management and policy. *Surveys in Geophysics*, 40: 757-778.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2003. *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*. The Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Hayama, Japan.
- Katong, R. 2018. *Comparative Study of Landsat 8 and Sentinel-2 Data for Above-ground Carbon Sequestration Estimation at Reforestation Site of Mae Moh Mine, Lampang Province*. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Khunrattanasiri, W. 2020. *Satellite Imagery for Forest Resource Survey*. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Nuanurai, N. 2005. *Comparison of Leaf Area Index, Above-ground Biomass and Carbon Sequestration of Forest Ecosystems by Forest Inventory and Remote Sensing at Kaeng Krachan National Park, Thailand*. M.S. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2020. **Thailand Third Biennial Update Report**. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., Kira, T. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II Plant biomass. **Nature and Life in Southeast Asia**, 4: 49-80.
 - Puliti, S., Breidenbach, J., Schumacher, J., Hauglin, M., Klingenberg, T.F., Astrup, R. 2021. Above-ground biomass change estimation using national forest inventory data with Sentinel-2 and Landsat. **Remote Sensing of Environment**, 265: 112644. doi:10.1016/j.rse.2021.112644.
 - Revision of Mine Master Plan Committee. 2020. **Review Mae Moh Mine Master Plan**. Electricity Generating Authority of Thailand, Nonthaburi, Thailand. (in Thai)
 - Sibanda, M., Mutanga, O., Rouget, M. 2015. Examining the potential of Sentinel-2 MSI spectral resolution in quantifying above-ground biomass across different fertilizer treatments. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, 110: 55-65. doi:10.1016/j.isprsjprs.2015.10.005.
 - TEAM Consulting Engineering and Management Public Co. Ltd. 2017. **Environmental Health Impact Assessment: Project to Expand the Power Plant for Replacement Power Plants in Mae Moh Machine 4-7**. TEAM Consulting Engineering and Management Public Co. Ltd., Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Thailand Greenhouse Gas Management Organization. 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector**. Thailand Greenhouse Gas Management Organization, Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Tomppo, E., Gschwantner, T., Lawrence, M., McRoberts, R.E. 2010. **National Forest Inventories: Pathways for Common Reporting**. Springer, Berlin, Germany.
 - Viriyabuncha, C. 2020. **A Guide to Studying Carbon Stocks Source in Natural Forests**. Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
 - Xue, J., Su, B. 2017. Significant remote sensing vegetation indices: A review of developments and applications. **Journal of Sensors**, 2017: 1353691. doi:10.1155/2017/1353691.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

กำลังผลิตสำรองและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่ในป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย
เปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ของชุมชน

Growing Stock and Carbon Storage of Bamboo in Ban Pan Pong Chai Community
Forest for Comparing Local Utilization Demand

คชาวุฒิ ศรีพระยา

พสุธา สุนทรห้าว*

นิตยา เมียนมิตร

Kachawoot Sriphaya

Pasuta Sunthornhao*

Nittaya Mianmit

ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, Email: fforpts@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 4 กรกฎาคม 2566

รับแก้ไข 24 สิงหาคม 2566

รับลงพิมพ์ 30 สิงหาคม 2566

ABSTRACT

The purpose of the study was to determine the socio-economic conditions, forest ecological characteristics, growth and yield and carbon stock of bamboo in the Ban Pan Pong Chai Community Forest. Key informants who utilized bamboo were interviewed and a forest survey was conducted based on stratified random sampling method. The crown cover density was classified as high, moderate, and low in a permanent sample plot of size 40x40 square meters in six plots with two plots per stratum which were used to estimate 1.57 % of the sample size.

The results found the mixed deciduous forests as the main forest type in the community forest, with the first five dominant tree species namely *Canarium subulatum*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Xylia xylocarpa* var. *kerri*, *Shorea obtusa*, and *Shorea siamensis*, respectively. Additionally, five species of bamboo were identified, namely: *Dendrocalamus Strictus*, *Gigantochloa albociliata*, *Oxytenanthera albociliata*, *Cephalostachyum pergracile*, and *Bambusa natans* respectively, with *Dendrocalamus Strictus* found most frequently. The growing stock of bamboo were estimated at 32.36 clumps/rai (202.25 clumps/ha), and 477.92 stems/rai (4,251.06 stems/ha). The tree biomass and carbon stocks were 8.25 ton/rai (51.56 ton/ha) and 12.87 tCO₂e/rai (80.44 tCO₂e/ha), respectively, while the bamboo biomass and carbon stocks were 24.38 ton/rai (152.38 ton/ha) and 42.01 tCO₂e/rai (262.56 tCO₂e/ha), respectively. The bamboo was mainly used for four purposes namely agriculture material, handy craft, broom, and others of 67,172, 10,758, 9,970 and 5,697 stems/year, respectively. A majority of the key informants had business as their main occupation with an average income of 75,001–150,000 Baht per household per year. Around 50% of these respondents indicated to having a debt from the Bank of Agriculture and Agricultural Cooperative.

Keywords: Bamboo; Carbon storage; Growing stock; Utilization; Community Forest

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน ลักษณะทางนิเวศของป่า การเจริญเติบโต ผลผลิต และการกักเก็บคาร์บอนของไผ่ในป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย โดยการสัมภาษณ์ประชากรกลุ่มเป้าหมาย ที่ใช้ประโยชน์จากไม้ไผ่ร่วมกับการสำรวจป่า โดยการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิตามความหนาแน่นของหมู่ไม้ 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง ต่ำ ด้วยตารางแปลงตัวอย่างถาวร ขนาด 40x40 ตารางเมตร ทั้งหมด 6 แปลง กระจายตามชั้นภูมิละ 2 แปลง คิดเป็นร้อยละการสำรวจเท่ากับ 1.57

ผลการศึกษา พบว่า ลักษณะสังคมพืชเป็นป่าเบญจพรรณ มีชนิดไม้เด่น 5 ชนิดแรก ได้แก่ มะกอกเกลื้อน ประดู่ป่า แดง เต็ง และรัง ตามลำดับ และ ในป่าชุมชนพบไม้ 5 ชนิด ได้แก่ ไผ่ซาง ไผ่ไร่ ไผ่ไร่เรียบ ไผ่ข้าวหลาม และ ไผ่บง ตามลำดับ คิดเป็น 32.36 กอ/ไร่ (202.25 ลำ/เฮกตาร์ และ 477.92 ลำ/ไร่ (4,251.06 ลำ/เฮกตาร์) โดยพบไผ่ซางมากที่สุด ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของหมู่ไม้เท่ากับ 8.25 ตันต่อไร่ (51.56 ตัน/เฮกตาร์) และ 12.87 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ไร่ (80.44 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/เฮกตาร์) ส่วนปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไผ่เท่ากับ 24.38 ตัน/ไร่ (152.38 ตัน/เฮกตาร์) และ 42.01 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า/ไร่ ตามลำดับ และชุมชนมีการใช้ประโยชน์ไม้ 4 รูปแบบ ได้แก่ การเกษตร จักสาน ไม้กวาด และ เบ็ดเตล็ด เป็นปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 67,172.00, 10,758.00, 9,970.40 และ 5,697.00 ลำต่อปี ตามลำดับ โดยราษฎรกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ประกอบอาชีพค้าขาย มีรายได้และรายจ่ายเฉลี่ยระหว่าง 75,001–150,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี มีหนี้สินร้อยละ 50 และแหล่งเงินทุนที่สำคัญได้แก่ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร

คำสำคัญ: ไม้ไผ่ การกักเก็บคาร์บอน กำลังผลิตสำรอง การใช้ประโยชน์ ป่าชุมชน

คำนำ

ป่าชุมชนหลายแห่งในประเทศไทยมีการใช้ประโยชน์จากไม้ ซึ่งหลายพื้นที่ไม่ได้มีการวางแผนการใช้ประโยชน์ไม้อย่างยั่งยืนและสมดุล กล่าวคือใช้ประโยชน์ไม้โดยไม่มีการศึกษากำลังผลผลิตสำรองของไม้ซึ่งเป็นที่น่ากังวลว่าจะเกิดผลกระทบต่อ การกระจายและการสืบพันธุ์ของไม้ในอนาคต ปัจจุบันพระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ให้ความหมายของป่าชุมชนว่าเป็นพื้นที่ที่เปิดกว้างให้ชุมชนโดยรอบพื้นที่ป่ามีส่วนร่วมและร่วมมือกับรัฐบาลในการดูแล อนุรักษ์ ปันฟู จัดการ และใช้ประโยชน์จากทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างยั่งยืน ซึ่งการใช้ประโยชน์ต้องปฏิบัติตามพระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 โดยมีไม้บางชนิดที่ถูกกำหนดให้เป็นไม้ทรงคุณค่าและการกำหนดการใช้ประโยชน์จากของป่า อาทิ ไม้ไผ่ โดยชุมชนเข้ามามีบทบาทในการจัดการป่าชุมชน และมาตรา 6 พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ส่งเสริมให้ชุมชนใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเพื่อวัตถุประสงค์ด้านการอนุรักษ์รวมถึงการใช้ประโยชน์ด้วย

และในพระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 มาตรา 50 ที่ให้สิทธิการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าชุมชนแต่ต้องดำเนินการตามแผนการจัดการป่าชุมชนที่แต่ละชุมชนได้มีการวางแผนการดำเนินงานไว้ การใช้ประโยชน์ไม้จึงเน้นไปที่การใช้ประโยชน์ภายในครัวเรือน และกิจกรรมภายในชุมชนเป็นหลัก

ไผ่ถือว่าเป็นพืชที่สำคัญในป่าชุมชนหลายแห่งและมีความเกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตของชุมชนอย่างใกล้ชิด เพราะนิยมนำไผ่ไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบหลากหลายซึ่งมีผลมาจากการดำเนินชีวิต กิจกรรมประจำวันที่ต้องพึ่งพาและใช้ประโยชน์จากไผ่ อาทิ การนำไม้ไผ่มาสร้างที่อยู่อาศัย การนำไม้ไผ่มาสร้างเครื่องมือเครื่องใช้ในครัวเรือน การนำไม้ไผ่มาใช้ในกิจกรรมการเกษตรและปศุสัตว์ การนำหน่อไผ่มาบริโภคเป็นอาหาร รวมไปถึงการสร้างงานฝีมือจากการจักสานเพื่อแลกเปลี่ยนหรือสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน (Athiratanapanya, 1993) ตลอดทั้งการปลูกไผ่เพื่อเป็นไม้ประดับเพื่อความสวยงาม แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของไผ่กับการดำรงชีวิตของคนที่ใช้ประโยชน์จากป่าชุมชนที่มีความเชื่อมโยงกันในหลายด้าน และการใช้ประโยชน์

ไฟในแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันตามคุณสมบัติของไฟและความนิยมของคนในชุมชน (Subanseni, 1996)

การใช้ประโยชน์ไฟให้เกิดความยั่งยืนจึงควรตั้งอยู่บนความสมดุลของกำลังผลิตสำรองและปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ มากไปกว่านั้นการจัดการไฟและพันธุ์ไม้ไม่ควรใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ อย่างเอกประสงค์ควบคู่กันไป เช่น ประโยชน์ด้านการเพิ่มความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเพื่อบรรเทาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษากำลังผลิตสำรองของไฟแต่ละชนิดในรูปของจำนวนลำและกอของป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย อำเภोज้ำห่ม จังหวัดลำปาง การกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชน และปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ไฟของชุมชน

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษาและสภาพพื้นที่

ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย ตั้งอยู่หมู่ที่ 9 ตำบลบ้านสา อำเภोज้ำห่ม จังหวัดลำปาง ตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 1035 สายลำปาง-แจ้ห่ม มีพื้นที่ 382 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลุ่มเชิงเขา มีแม่น้ำวังไหลผ่าน โดยมีปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 955.80 มิลลิเมตร (Ministry of Natural Resources and Environment, 2009)

โดยทั้งนี้ป่าชุมชนมีพื้นที่ 382 ไร่ จำแนกตามชั้นภูมิความสมบูรณ์ สูง ปานกลาง และ ต่ำ ที่มีพื้นที่เท่ากับ 175 102 และ 105 ไร่ ตามลำดับ ดังแสดงใน Figure 1

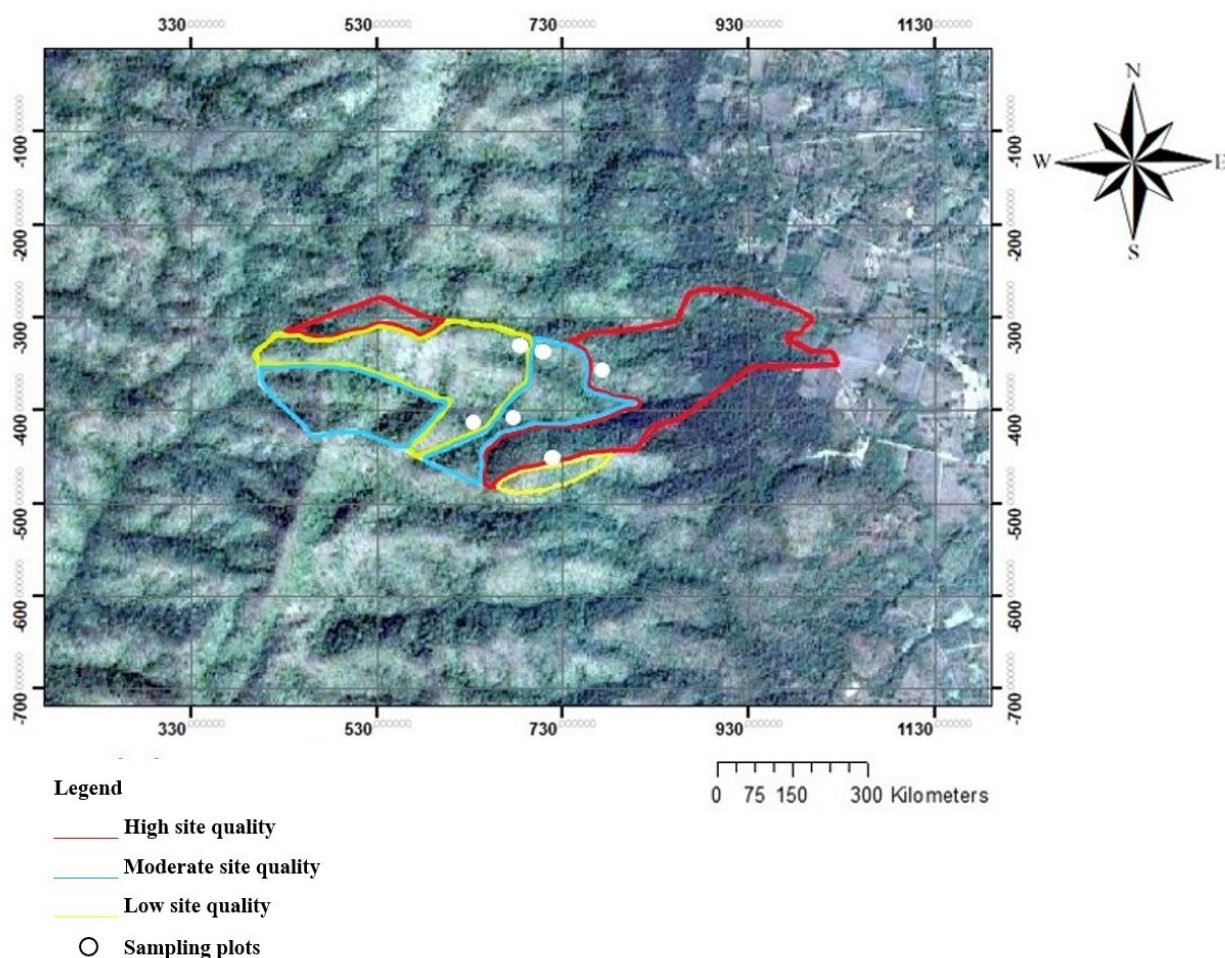


Figure 1 Site classification of the Ban Pan Pong Chai Community Forest.

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ การศึกษาขอบเขตและสภาพทั่วไปของพื้นที่ป่าชุมชน เส้นทางคมนาคม เก็บโดยใช้แผนที่ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยและสารานุกรมความหลากหลายทางชีวภาพตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ ได้แก่ เก็บข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคม โดยการสัมภาษณ์กลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลัก (key informants) ได้แก่ คนใช้ประโยชน์ไม้ไผ่และผู้นำชุมชน โดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) ทำการเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ 1) สภาพเศรษฐกิจสังคม และ 2) การใช้ประโยชน์ไม้ โดยทำการปรับแก้แบบสัมภาษณ์กับอาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อความถูกต้อง จากนั้นทำการแบ่งรูปแบบการใช้ประโยชน์เป็น 4 ด้านคือ การเกษตร การจักสาน การผลิตไม้กวาดและ เบ็ดเตล็ด และเก็บตัวอย่างรูปแบบละ 3 ตัวอย่าง โดยกระจายตามปริมาณการใช้ประโยชน์มาก ปานกลาง น้อย ได้ทั้งหมด 12 ตัวอย่าง จากจำนวนประชากรทั้งหมด 166 ครัวเรือน

นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลกำลังผลิตสำรองของไม้และหญ้าไม้ โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิตามความหนาแน่นของชั้นเรือนยอดสูง ปานกลาง และต่ำ วางแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 40 x 40 ตารางเมตร จำนวนชั้นภูมิละ 2 แปลง รวมทั้งหมด 6 แปลง โดยในแต่ละแปลงทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 x 10 ตารางเมตร จำนวน 16 แปลงย่อย เก็บข้อมูลไม้ในแต่ละแปลงตัวอย่างถาวร ซึ่งแปลงตัวอย่างมีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่องโดยการนับจำนวนไม้ทุกลำในกอที่มีอายุไม่เกิน 1 ปี และมากกว่า 1 ปี สุ่มวัดขนาดความโตเฉลี่ยของลำไม้ในแต่ละช่วงอายุ ที่มีขนาดเล็ก กลาง และขนาดใหญ่ โดยวัดที่ความสูงเพียงอก รวมทั้งเก็บข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นผสมผสานกับไม้ โดยทำการวัดความโตความสูงทั้งหมดของต้นไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวง 15 เซนติเมตรขึ้นไปเพื่อศึกษา สังคมพืชที่ขึ้นร่วมกับไม้ และชนิดพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ป่าชุมชน

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สภาพเศรษฐกิจและสังคม โดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบสัมภาษณ์และนำเสนอผลการศึกษาด้วยสถิติพรรณนาในรูปแบบของคำบรรยาย เช่น ค่าเฉลี่ย และค่าร้อยละ

2. ลักษณะนิเวศของสังคมพืชในป่าชุมชน วิเคราะห์โดยการคำนวณค่า Important Value Index (IVI) (Shannon and Wiener, 1949)

3. วิเคราะห์ปริมาณกำลังผลิตสำรองของไม้ ได้แก่ จำนวนกอ จำนวนลำ มวลชีวภาพ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอน การหามวลชีวภาพของไม้ในพื้นที่ โดยสำรวจเบื้องต้นพบไม้จำนวน 5 ชนิดในพื้นที่ศึกษา คือ ไม้ซาง (*Dendrocalamus strictus*) ไม้ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) ไม้ไร่เรียว (*Oxytenanthera albociliata*) ไม้ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile*) และ ไม้บง (*Bambusa natanis*) มีสูตรคำนวณมวลชีวภาพรายชนิด ดังนี้

$$\text{ไม้บง } W_t = 0.1466 (D)^{0.7187}$$

(Wanalanka et al., 2015)

$$\text{ไม้ไร่เรียวและไม้ไร่ } W_t = 0.2425 (D^2)^{1.0751}$$

(Kutintara et al., 1995)

$$\text{ไม้ซาง } AGB = 0.3939 (D)^{1.8325}$$

(Royampaeng, 1990)

$$\text{ไม้ข้าวหลาม } AGB = 0.49522 (D^2)^{0.8726}$$

(Kutintara et al., 1995)

โดย W_t คือ มวลชีวภาพส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ (กิโลกรัม)
D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)
AGB คือ น้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ในรูปแบบของปริมาณน้ำหนักของธาตุคาร์บอนมีสมการ ดังนี้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน

$$= \text{มวลชีวภาพรวมของไม้} \times \text{conversion fraction}$$

$$\text{เมื่อ conversion fraction} = 0.47 \text{ (IPCC, 2006)}$$

ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้

$$= \text{ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน} \times \frac{44}{12}$$

วิเคราะห์ปริมาณไม้ไผ่ต่อหน่วยพื้นที่ สูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณไม้ไผ่ (ลำหรือกอ)} = \frac{\text{จำนวนของกอหรือลำที่พบในทุกแปลง}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่างทุกแปลงรวมกัน}}$$

วิเคราะห์ปริมาณไม้ไผ่ทั้งหมดสูตรดังนี้

ปริมาณไม้ไผ่ทั้งหมดรายชนิด

$$= \text{ปริมาณไม้ไผ่เฉลี่ย} \times \text{พื้นที่ทั้งหมด}$$

คำนวณปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้

สูตรมวลชีวภาพป่าผสมผลัดใบ (Ogawa *et al.*, 1965)

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

$$\text{มวลชีวภาพของกิ่ง} : W_b = 0.003487 (D^2H)^{1.0270}$$

$$\text{มวลชีวภาพของใบ} : W_l = (28 / (W_s + W_b + 0.025))^{-1}$$

$$\text{มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้} = W_s + W_b + W_l$$

คำนวณปริมาณการกักคาร์บอนและดูดซับ

คาร์บอนไดออกไซด์ของต้นไม้เช่นเดียวกับไม้ไผ่

วิเคราะห์ปริมาณการใช้ประโยชน์ไม้

วิเคราะห์แบบสัมภาษณ์ด้านปริมาณการใช้ประโยชน์ในแต่ละรูปแบบ เรียบเรียงข้อมูล เพื่อนำเสนอให้เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลที่จะนำไปสู่การเชื่อมโยงกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจกำลังการผลิตไม้ในพื้นที่ศึกษาป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยและสะท้อนข้อเท็จจริงให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์ไม้ของราษฎรในชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย

ผลและวิจารณ์

ลักษณะนิเวศของป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย

การศึกษาค่าดัชนีความสำคัญ (importance value index: IVI) พบไม้ยืนต้นทั้งหมด 67 ชนิด ไม้ไม่มีขนาดความโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย และความสูงทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 17.52 เซนติเมตร และ 11.57 เมตร ตามลำดับ มีความหนาแน่น 81.39 ต้น/ไร่ และชนิดพันธุ์ไม้เด่น 10 ชนิดแรก ได้แก่ มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*)

แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Pentacme siamensis*) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) กระท่อมหนู (*Mitragyna rotundifolia*) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*) ชิงชัน (*Dalbergia oliveri*) และมะกอก (*Spondias pinnata*) ตามลำดับ ลักษณะนิเวศของป่าชุมชนแห่งนี้เป็นป่าผสมผลัดใบที่มีไม้ขึ้นผสมปะปนอยู่กับไม้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ไม้หาง (*Dendrocalamus strictus*) ไม้ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) ไม้ไร่เรียบ (*Oxytenanthera albociliata*) ไม้ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile*) และ ไม้บง (*Bambusa natanis*) ซึ่งค่า IVI ของไม้ยืนต้นและไม้ มีผลการศึกษาแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่า ไม้หาง (*Dendrocalamus Strictus*) และ ไม้ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) มีความโดดเด่นและเป็นกลุ่มพันธุ์ไม้ดัชนีที่สำคัญมากของป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย โดยไม้หางและ ไม้ไร่อยู่ในลำดับที่ 1 และ 2 มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 116.75 และ 20.46 ตามลำดับ

สภาพเศรษฐกิจและสังคม

จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้ประโยชน์ไม้จำนวน 12 ครัวเรือนของหมู่ที่ 9 พบว่าของราษฎรในชุมชนมีรายได้สูงสุดอยู่ที่ 125,001–150,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี มีรายได้ต่ำสุดน้อยกว่า 10,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี โดยราษฎรส่วนใหญ่ร้อยละ 25.00 จะมีรายได้อยู่ที่ 75,001–100,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี ในด้านของรายจ่ายของราษฎรในชุมชนมีรายจ่ายสูงสุดอยู่ที่ 125,001–150,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี มีรายจ่ายต่ำสุดอยู่ที่ 25,001–50,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี โดยราษฎรส่วนใหญ่ร้อยละ 75.00 จะมีรายจ่ายอยู่ที่ 75,001–150,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี และด้านหนี้สินพบราษฎรร้อยละ 50.00 มีภาระหนี้สิน และมีมูลค่าหนี้สินประมาณ 10,000–15,000 บาทต่อครัวเรือน และมีแหล่งเงินกู้ที่สำคัญคือธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์ (ธ.ก.ส.) แสดงให้เห็นถึงวิกฤตของชุมชนและสังคมของเกษตรกรไทย ที่มีหนี้สินจากการทำการเกษตรรายได้ไม่พอกับรายจ่าย ต้องพึ่งพาเงินกู้โดยใช้ที่ดินทางการเกษตรเข้าไปค้ำประกันซึ่งทำให้เกิดหนี้สินสะสมความยากไร้ จึงต้องมีการแก้ไขปัญหาอย่างเร่งด่วน เช่น ส่งเสริมให้ราษฎรในชุมชนลดรายจ่าย สร้างรายได้ จากการพึ่งพาป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย อาทิ ด้านการบริโภค ด้านการประกอบอาชีพจากการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้หรือของป่าอื่นในป่าชุมชน

อีกทั้งยังเป็นการสร้างการมีส่วนร่วมให้กับคนในชุมชนในการเข้ามาดูแล อนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของประเทศไทย

วัฒนธรรมที่สำคัญของราษฎรในชุมชน ได้แก่ งานสงกรานต์ สรงน้ำพระธาตุวัดบ้านแป้น ไหว้ศาลเจ้าอารักษ์เจ้าแม่คำแดง ไหว้ผีปู่ย่า ตานายสลากร ลอยกระทง ยี่เป็งฟังธรรม วัฒนธรรมประจำหมู่บ้านที่เกี่ยวกับการจัดการป่าชุมชน คือ พิธีบวชป่า สืบชะตาน้ำ เลี้ยงผีป่า และกิจกรรมประจำหมู่บ้านที่เกี่ยวกับการจัดการป่าชุมชน คือ การสร้างฝายชะลอน้ำแบบฝายชั่วคราวในพื้นที่ป่าชุมชน การทำแนวกันไฟรอบพื้นที่ การจัดยามเฝ้าป่าชุมชน การสร้างข้อตกลงเรื่องห้ามล่าสัตว์ป่า ห้ามตัดไม้ยืนต้นแต่อนุญาตให้เก็บหาของป่า อาทิ ไม้ไผ่ซาง เป็นต้น

กำลังผลิตสำรอง

การศึกษาจำนวนลำและกอของไม้ พบไม้ทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ไผ่ซาง ไผ่ไร่ ไผ่ไร่เรียบ ไผ่ข้าวหลาม และไผ่บง ทั้งหมดมีจำนวน 167.00 กอ คิดเป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 32.36 กอต่อไร่ และมีจำนวน 2,646.00 ลำ คิดเป็นค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักเท่ากับ 477.92 ลำต่อไร่ ผลการศึกษากำลังผลิตสำรองของไผ่อายุ 1 ปี และกำลังผลิตสำรองของไผ่อายุมากกว่า 1 ปีเป็นรายชนิดตามการจำแนกชั้นภูมิที่ความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยแสดงจำนวนเป็นจำนวนลำของไผ่รายชนิด ได้แก่ ไผ่ซาง ไผ่ไร่ ไผ่ไร่เรียบ ไผ่ข้าวหลาม และไผ่บง จะเห็นว่าไผ่ที่มีจำนวนลำต่อไร่มากที่สุดที่อายุไม่เกิน 1 ปี และอายุเกิน 1 ปี คือไผ่ซาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 67.45 ลำต่อไร่ และ 265.85 ลำต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการศึกษาด้านความหนาแน่นของไผ่พบว่าไผ่ซางมีความหนาแน่นของกอ 21.23 กอต่อไร่ ไผ่ไร่ 7.63 กอต่อไร่ ไผ่ข้าวหลาม 1.50 กอต่อไร่ ไผ่ไร่เรียบ 1.00 กอต่อไร่ และไผ่บง 1.00 กอต่อไร่ โดยความหนาแน่นของกอไผ่ทั้งหมดแต่ละชนิด สามารถประมาณกำลังผลิตสำรองได้ ดังนี้ ไผ่ซาง มีจำนวนกอทั้งหมดเท่ากับ 8,109.86 กอ ไผ่ไร่ 2,914.66 กอ ไผ่ข้าวหลาม 573.00 กอ ไผ่ไร่เรียบ 382.00 กอ และไผ่บง 382.00 กอ เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาจำนวนไม้ไผ่ในพื้นที่ใกล้เคียง เขตป่าสงวนแม่จาว ผังขวาของจังหวัดลำปาง จากการวางแผนตัวอย่างร้อยละ 0.20

ของพื้นที่ พบไม้ 7 ชนิด ได้แก่ ไผ่ไร่ ไผ่ซาง ไผ่บง ไผ่ข้าวหลาม ไผ่เอี้ยะ ไผ่ปล้องยาว และไผ่ไล่ล่อ มีไม้ทั้งหมดจำนวน 14.77 ล้านกอ มีจำนวน 61.23 ล้านลำ ไผ่ซางนิยมตัดมาใช้มากที่สุด 1,209,600 ลำต่อปี ปริมาณหน่อไม้ทั้งปี คือ 171,000 กิโลกรัม (Thanakitrungreung *et al.*, 1990) โดยในพื้นที่ศึกษาบริเวณใกล้เคียงกันที่จังหวัดลำปางจะเห็นว่ามีสังคมไผ่คล้ายคลึงกัน คือ ไผ่ไร่ ไผ่ซาง ไผ่บง และไผ่ข้าวหลาม

ด้านปริมาณมวลชีวภาพของไผ่รายชนิดตามการจำแนกชั้นภูมิที่ความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยแสดงค่าของมวลชีวภาพที่เป็นหน่วย ต้นต่อไร่ ของไม้ ได้แก่ ไผ่ซาง ไผ่ไร่ ไผ่ไร่เรียบ ไผ่ข้าวหลาม และไผ่บง พบว่า ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยมีมวลชีวภาพของไม้เท่ากับ 24.38 ต้นต่อไร่ ไผ่ซางมีมวลชีวภาพสูงที่สุดเท่ากับ 18.34 ต้นต่อไร่ เนื่องจากพบไผ่ซางขึ้นกระจายเป็นจำนวนมากในพื้นที่ป่าชุมชน ซึ่งพบไผ่ซางในทุกชั้นภูมิความอุดมสมบูรณ์ และพบว่า ไผ่บงมีมวลชีวภาพน้อยที่สุดเท่ากับ 0.01 ต้นต่อไร่ เนื่องจากการสำรวจพบไผ่บงน้อยมากในพื้นที่ป่าชุมชน ซึ่งพบไผ่บงในชั้นความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพียงชั้นภูมิเดียว ทั้งนี้ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยมีมวลชีวภาพของไผ่รวมทั้งหมดเท่ากับ 9,313.16 ต้น

ด้านปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้เป็นรายชนิดตามการจำแนกชั้นภูมิที่ความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลาง และต่ำ โดยแสดงเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่เป็นหน่วย ต้นคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ ของไผ่รายชนิด ได้แก่ ไผ่ซาง ไผ่ไร่ ไผ่ไร่เรียบ ไผ่ข้าวหลาม และไผ่บง พบว่าไผ่ในป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยสามารถกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 42.01 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ โดยไผ่ซางมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดเท่ากับ 31.61 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ เนื่องจากไผ่ซางมีมวลชีวภาพสูงที่สุด อีกทั้งยังพบไผ่ซางกระจายอยู่ในทุกชั้นภูมิของการสำรวจ และไผ่บงมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนน้อยที่สุดเท่ากับ 0.01 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ เนื่องจากพบไผ่บงจำนวนน้อยมาก โดยไผ่ในป่าชุมชนสามารถกักเก็บคาร์บอน เท่ากับ 16,047.82 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า แสดงดัง Table 1

Table 1 Growing stock of each bamboo species in 2022.

Species	Category	Site quality classification by productivity			
		High	Moderate	Low	Weighted average
<i>Gigantochloa albociliata</i>	the number of clumps per rai (clump/rai)	5.00	19.50	0.50	7.60
	the number of stems per rai (stem/rai)	14.80	182.30	0.50	111.10
	biomass per rai (ton/rai)	2.14	16.00	0.04	5.26
	carbon sequestration (tCO ₂ e/rai)	3.69	27.58	0.07	9.07
	basal area (m ² /rai)	0.30	2.40	0.01	0.80
<i>Oxytenanthera albociliata</i>	the number of clumps per rai (clump/rai)	1.00	0.00	0.00	1.00
	the number of stems per rai (stem/rai)	7.50	0.00	0.00	15.00
	biomass per rai (ton/rai)	1.60	0.00	0.00	0.73
	carbon sequestration (tCO ₂ e/rai)	2.76	0.00	0.00	1.26
	basal area (m ² /rai)	0.23	0.00	0.00	0.23
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	the number of clumps per rai (clump/rai)	1.50	0.00	0.00	1.50
	the number of stems per rai (stem/rai)	4.80	0.00	0.00	9.50
	biomass per rai (ton/rai)	0.08	0.00	0.00	0.04
	carbon sequestration (tCO ₂ e/rai)	0.14	0.00	0.00	0.06
	basal area (m ² /rai)	0.04	0.00	0.00	0.04
<i>Bambusa natan</i>	the number of clumps per rai (clump/rai)	0.00	0.00	1.00	1.00
	the number of stems per rai (stem/rai)	0.00	0.00	4.50	9.00
	biomass per rai (ton/rai)	0.00	0.00	0.01	0.01
	carbon sequestration (tCO ₂ e/rai)	0.00	0.00	0.01	0.01
	basal area (m ² /rai)	0.00	0.00	0.06	0.06
<i>Dendrocalamus strictus</i>	the number of clumps per rai (clump/rai)	29.00	10.00	16.00	21.20
	the number of stems per rai (stem/rai)	243.80	120.80	82.80	333.30
	biomass per rai (ton/rai)	25.39	14.20	10.61	18.34
	carbon sequestration (tCO ₂ e/rai)	43.76	24.47	18.29	31.61
	basal area (m ² /rai)	13.40	7.80	5.60	9.80

Remark: A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

ปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ไม้

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกกับกลุ่มตัวอย่างผู้ใช้ประโยชน์ไม้จำนวน 12 ครัวเรือน พบว่าครัวเรือนส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์จากไม้ โดยมีการเก็บจากป่าชุมชนร้อยละ 76.50 และมีบางส่วนซื้อมาเพื่อใช้ประโยชน์ โดยผู้ที่ทำการเก็บไม้จากป่าชุมชนทำการเก็บประมาณ 2 ครั้งต่อเดือน โดยการเข้าไปเก็บไม้หนึ่งครั้งเฉลี่ยแล้วจะเก็บเกี่ยวไม้ประมาณ 14 ลำ โดยมีการใช้ประโยชน์ในครัวเรือนร้อยละ 50 และมีการขายสินค้าจากไม้ร้อยละ 50 โดยสินค้าจากไม้หนึ่งชิ้นมีราคาเฉลี่ย 109.04 บาท ยกตัวอย่างสินค้าจากไม้ อาทิ ดอกไม้ไม้ ชะลอม เฟอร์นิเจอร์ หวดหนึ่งข้าวไม้กวาด และถ่านไม้ไฟ

การศึกษาปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ไม้ ชาวบ้านมีการใช้ประโยชน์ไม้ทั้งหมด 8 ชนิด คือ ไม้ไผ่ ไม้ไผ่เรียบ ไม้ข้าวหลาม ไม้บง ไม้ซาง ไม้รวก ไม้ตง และไม้กิมซุง โดยพบรูปแบบการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 4 ด้าน คือ การเกษตร การจักสาน การผลิตไม้กวาด และ เบ็ดเตล็ด โดยด้านการเกษตรจะนิยมใช้ไม้ไผ่ในการทำไม้ค้ำผัก เสาสปริงเกอร์ และรั้วของสวน ด้านการจักสานนิยมใช้ไม้บงในการทำตอกมัดผัก ข้องใส่ปลา กระติบข้าว ชะลอมใส่ผลไม้ และหวดหนึ่งข้าว ด้านการผลิตไม้กวาดนิยมใช้ไม้บงและไม้รวกในการผลิต สุดท้ายด้านเบ็ดเตล็ดพบว่า มีราษฎรบางส่วนผลิตถ่านไม้ไฟและเฟอร์นิเจอร์ไม้ไฟ ชนิดไม้ที่นิยมนำมาเผาถ่าน คือ

ไม้กิมซุง และ ไม้ซาง เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอุปสงค์และมูลค่าไม้ไผ่ซางที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมครัวเรือนและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอุปสงค์ที่มีต่อไม้ไผ่ซางของชุมชนตำบลถ้ำฉลอง จังหวัดอุดรธานี โดยการใช้แบบสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่าง 38 ราย ทำการวิเคราะห์การถดถอยพหุแบบขั้นตอน โดยมีเนื้อที่ป่าธรรมชาติรอบชุมชนประมาณ 9,750 ไร่ ด้วยวิธี Line plot system คำนวณเปอร์เซ็นต์การสำรวจเท่ากับ 1 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการเปรียบเทียบกำลังการผลิตไม้ไผ่ซางในธรรมชาติกับปริมาณการใช้ไม้ไผ่ในอุตสาหกรรมครัวเรือนจากการศึกษาพบว่าอุปสงค์ของไม้ไผ่ซางเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมครัวเรือนเฉลี่ยต่อครัวเรือนเท่ากับ 37,394.74 ลำ แต่ละปี ผู้ประกอบการทั้งหมดใช้ไม้ไผ่ซางในระบบอุตสาหกรรมครัวเรือนทั้งสิ้น 1,570,579 ลำต่อปี ซึ่งไม้ไผ่ซางมีราคาเฉลี่ย 9.34 บาทต่อลำ (Khamai, 2006) ซึ่งจากการศึกษานี้พบว่าราษฎรหมู่ที่ 9 บ้านแป้นโป่งชัย ใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ซางในรูปแบบต่างๆทั้งสิ้น 127.76 ลำต่อปี ซึ่งไม้ไผ่ซางมีราคาเฉลี่ย 156.66 บาทต่อชิ้น โดยกำลังการผลิตจากไม้ไผ่ซางธรรมชาติในป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยมีจำนวนกอเฉลี่ย 21.23 กอต่อไร่ ชนิดไม้ที่นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ อาทิ โต๊ะ เก้าอี้ ผนังไม้ตกแต่งบ้าน คือ ไม้ซาง และผลการศึกษาปริมาณไม้ตามรูปแบบการใช้ประโยชน์ แสดงดัง Table 2

Table 2 Bamboo utilization in the Ban Pan Pong Chai Community Forest.

Bamboo species	Raw materials (stems)	Handicrafts (stems)	Brooms (stems)	Other (stems)	Total (stems)
<i>Gigantochloa albociliata</i>	67,172.00	0.00	0.00	1,175.93	68,347.93
<i>Bambusa nutans</i>	0.00	7,041.22	6,525.73	2,147.62	15,714.57
<i>Thyrsostachys siamensis</i>	0.00	3,716.78	3,444.67	1,133.64	8,295.09
<i>Dendrocalamus nees</i>	0.00	0.00	0.00	925.81	925.81
<i>Dendrocalamus strictus</i>	0.00	0.00	0.00	127.76	127.76
<i>Bambusa beecheyana</i>	0.00	0.00	0.00	107.96	107.96
<i>Oxytenanthera albociliata</i>	0.00	0.00	0.00	64.78	64.78
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	0.00	0.00	0.00	13.50	13.50
Total (stems)	67,172.00	10,758.00	9,970.40	5,697.00	93,597.40

ช่วงเวลาในการเข้าไปเก็บหาไม้ในป่าชุมชนนั้นมีการเข้าไปตลอดทั้งปี โดยราษฎรที่เข้าไปเก็บไผ่ร้อยละ 58.33 เก็บไผ่เพียงบางส่วนเท่านั้นจากปริมาณทั้งหมดที่พบ และร้อยละ 41.67 เก็บไผ่ในปริมาณที่น้อยมาก โดยยานพาหนะใช้ในการเข้าไปเก็บเกี่ยวไผ่ร้อยละ 58.33 คือ รถจักรยานยนต์ ร้อยละ 33.33 คือ รถยนต์ และร้อยละ 8.33 คือ จักรยาน โดยมีระยะทางเฉลี่ยจากที่พักอาศัยถึงป่าชุมชนเท่ากับ 2.15 กิโลเมตร และใช้เวลาเฉลี่ยในการเก็บเกี่ยวหนึ่งครั้ง 4.72 ชั่วโมง ด้านน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อวันเฉลี่ย 1.11 ลิตร โดยมีราคาน้ำมันในท้องถิ่นเฉลี่ยเท่ากับ 41 บาทต่อลิตร ซึ่งจากพื้นที่ป่าชุมชนที่มีสภาพค่อนข้างสูงชันและไกลจากชุมชนทำให้ชาวบ้านต้องใช้เวลาในการเดินทางและเก็บเกี่ยวผลผลิตจากป่าหรือไม่เป็นเวลานาน จึงทำให้ชาวบ้านเลือกที่จะซื้อหาไม้ไผ่ชนิดอื่นจากนอกพื้นที่ป่าชุมชน คือ ไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่กิมซุง มาเพื่อใช้ประโยชน์ ซึ่งมีความสะดวกสบายกว่า และนิสัยของคนในชุมชนส่วนใหญ่มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ป่าชุมชนเป็นอย่างมาก เห็นได้จากการเก็บเกี่ยวไผ่ที่ชาวบ้านเก็บผลผลิตเพียงบางส่วนหรือเก็บผลผลิตจากป่ามาใช้น้อยมาก ซึ่งในข้อนี้อาจทำให้การใช้ประโยชน์ไผ่ของคนในชุมชนยังไม่เหมาะสมกับกำลังผลิตสำรองของไผ่บางชนิดที่มีเป็นจำนวนมาก อาทิ ไผ่ซางที่มีจำนวนมากแต่ชาวบ้านกับไม่นำมาใช้ประโยชน์

สำหรับความคิดเห็นของราษฎรเกี่ยวกับปริมาณของไม้แต่ละชนิดในอดีตกับปัจจุบัน พ.ศ. 2565 ราษฎรคิดว่าไผ่ซางมีปริมาณเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 7.50 ไผ่ไร่ร้อยละ 5.00 ไผ่ไร่เรียบร้อยละ 10 ไผ่ข้าวหลามร้อยละ 10 และไผ่บงร้อยละ 6.67 จากข้างต้นทำให้เห็นว่าชาวบ้านในชุมชนมีความคิดว่าการที่ไม่ใช้

ประโยชน์ไม้ในป่าชุมชน โดยปล่อยให้ไม้เติบโตโดยปราศจากการรบกวนหรือรบกวนให้น้อยที่สุดจะทำให้ไม้ในป่าชุมชนมีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นในทุกชนิดพันธุ์ในทุกๆ ปี

เปรียบเทียบกำลังผลิตสำรองและปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ไม้

ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาอุปสงค์และมูลค่าไม้ไผ่ซางที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมครัวเรือนและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับอุปสงค์ที่มีต่อไม้ไผ่ซางของชุมชนตำบลถ้ำฉลอง โดยกำลังผลิตสำรองจากไผ่ซางธรรมชาติรอบชุมชนตำบลถ้ำฉลองมีจำนวนกอเฉลี่ย 23 กอต่อไร่ มีอัตราความเพิ่มพูนรายปีเท่ากับ 66 ลำต่อไร่ สามารถรองรับการใช้ประโยชน์ของชุมชนได้คิดเป็นร้อยละ 81.94 (Khamai, 2006) โดยผลการศึกษาแสดงให้เห็นทราบว่าป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยมีกำลังผลิตสำรองไผ่รวมทุกชนิดมากกว่าปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์เท่ากับ 98,297.96 ลำ แต่เมื่อพิจารณารายชนิดพบว่า ไผ่ซาง ไผ่ไร่เรียบ ไผ่ข้าวหลาม มีกำลังผลิตสำรองมากกว่าความต้องการ ส่วนไผ่ไร่ ไผ่บง ไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่กิมซุง มีกำลังผลิตสำรองน้อยกว่าความต้องการ ซึ่งการศึกษาพบว่า ราษฎรคงมีการซื้อไม้เหล่านี้จากแหล่งผลิตอื่น ๆ ดังนั้นควรมีการส่งเสริมปลูกไผ่ไร่ ไผ่บง ไผ่รวก ไผ่ตง และไผ่กิมซุง ในพื้นที่ป่าชุมชนหรือพื้นที่ของราษฎร เพื่อตอบสนองความต้องการหรือลดการซื้อเพื่อประหยัดรายจ่าย หรืออีกแนวทางหนึ่งต้องส่งเสริมราษฎรให้ใช้ไผ่ชนิดที่มีกำลังผลิตสำรองสูงทดแทนชนิดที่ขาดแคลน รายละเอียดแสดงดัง Table 3

Table 3 Growing stock and bamboo demand in the Ban Pan Pong Community Forest.

Species	Growing stock (stems)	Demand (stems/year)	Growing stock-demand
<i>Dendrocalamus strictus</i>	127,320.60	127.76	127,195.24
<i>Gigantochloa albociliata</i>	42,440.20	68,347.93	-25,901.43
<i>Oxytenanthera albociliata</i>	5,730.00	64.78	5,665.22
<i>Cephalostachyum pergracile</i>	3,629.00	13.50	3,615.50
<i>Bambusa nutans</i>	3,438.00	15,714.57	-12,276.57
<i>Thyrsostachys siamensis</i>	0.00	8,295.09	-8,295.09
<i>Dendrocalamus nees</i>	0.00	925.81	-925.81
<i>Bambusa beecheyana</i>	0.00	107.96	-107.96
Total	182,557.80	93,597.40	88,969.10

ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยมีกำลังผลิตสำรองของไม้ทั้งหมด 182,566.50 ลำ จำแนกเป็นไม้ซาง ไม้ไร่ ไม้ไร่เรียบ ไม้ข้าวหลาม และไม้บง จำนวน 127,323.00 ลำ 42,446.50 ลำ 5,730.00 ลำ 3,629.00 ลำ และ 3,438.00 ลำ ตามลำดับ และมีปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ทั้งหมด 84,268.54 ลำ จำแนกตามชนิดไม้ได้ 127.76 ลำ 68,347.93 ลำ 64.78 ลำ 13.50 ลำ และ 15,714.57 ลำ ตามลำดับ

ประชาชนในหมู่ที่ 9 มีการใช้ประโยชน์ไม้ที่เกินกำลังผลิตสำรองอยู่จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ไม้ไร่ ไม้บง ไม้รวก ไม้ตง และ ไม้กิมซุง แต่เนื่องจากไม้ 3 ชนิด คือ ไม้รวก ไม้ตง และ ไม้กิมซุง ไม่พบในพื้นที่ป่าชุมชนแต่ประชาชนได้มีการปลูกหรือซื้อหามาจากภายนอกชุมชน ส่วนการใช้ประโยชน์ไม้ในป่าชุมชน ได้แก่ ไม้ไร่ และไม้บง ที่เกินกำลังผลิตสำรองเท่ากับ 25,901.43 ลำ และ 12,276.57 ลำ ตามลำดับ เนื่องจากชาวบ้านส่วนหนึ่งที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมนำไม้ไปทำค้ำฝัก เสาสปริงเกอร์ และ รั้วของสวน จึงทำให้มีความต้องการใช้ไม้ไร่เป็นจำนวนมาก และ ไม้บง ชาวบ้านนิยมใช้ประโยชน์ในรูปแบบของการจักสาน ทำตอก ช้องใส่ปลา กระติบข้าว ชะลอม และหวด อีกทั้งยังนิยมนำไม้บงมาใช้ในการผลิตไม้กวาด จึงทำให้ความต้องการไม้บงในชุมชนเป็นจำนวนมาก และเนื่องจากไม้บงในป่าชุมชนไม่เพียงพอต่อการผลิตไม้กวาด เห็นได้ว่าประชาชนส่วนหนึ่งนำไม้รวกเข้ามาเป็นวัตถุดิบทดแทนในการผลิตไม้กวาด

ในส่วนของไม้ซางที่มีกำลังผลิตสำรองเป็นจำนวนมากแต่กลับมีความต้องการใช้ประโยชน์เพียงเล็กน้อย เนื่องจากรูปแบบการใช้ประโยชน์ไม้ซางที่นิยมนำมาทำเฟอร์นิเจอร์ และเผาถ่าน นั้น มีประชาชนจำนวนไม่มากที่ใช้ประโยชน์ในรูปแบบดังกล่าว อีกทั้งคนในชุมชนยังมีแนวคิดที่จะอนุรักษ์ป่าและไม้ซางให้ใช้ประโยชน์ได้เพียงบางส่วน ห้ามตัดไม้ไปขายในปริมาณที่มากเกินไป ความจำเป็น มุ่งไปที่การใช้ในครัวเรือน โดยต้องทำการขออนุญาตจากคณะกรรมการป่าชุมชนก่อนการเข้าไปใช้ประโยชน์ ในทำนองเดียวกันการใช้ประโยชน์ไม้ไร่เรียบและไม้ข้าวหลามถือว่ามีปริมาณที่น้อย ซึ่งเป็นเพราะความนิยมในการนำมาใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ ที่น้อย เช่น ไม้ข้าวหลาม ที่ชาวบ้านเก็บหามาเป็นภาชนะในการเผาข้าวหลามเพียงเท่านั้น อีกทั้งป่าชุมชนยังอยู่ไกล

จากหมู่บ้าน เส้นทางคมนาคมลำบาก และสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่สูงชัน

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้

การกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย หากพิจารณาเฉพาะไม้ยืนต้นในพื้นที่ป่าชุมชน 382 ไร่ที่พบไม้ยืนต้น 67 ชนิดจะมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยได้เท่ากับ 12.87 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ หรือเท่ากับการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 4,916.34 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า หากพิจารณาเฉพาะไม้ที่พบทั้งหมด 5 ชนิดจะมีความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยได้เท่ากับ 24.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ หรือเท่ากับการกักเก็บคาร์บอน 9,313.16 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าหรือมีส่วนการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้นต่อไร่เท่ากับ 1:1.89 กล่าวได้ว่าไม้มีการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าไม้ยืนต้น รวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของทั้งไม้ยืนต้นและไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัยเท่ากับ 14,229.50 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า จึงเห็นได้ว่าไม้เป็นทรัพยากรในป่าชุมชนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลายและง่ายต่อการส่งเสริม โดยพบว่าคนหนึ่งคนจะปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ต่อปีเท่ากับ 3.69 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2022) เมื่อนำประชากรของหมู่ที่ 9 บ้านแป้นโป่งชัย ตำบลบ้านสา อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง ที่มีคือ 508 คน จะทำให้เกิดการปลดปล่อยคาร์บอนของชุมชนนี้เท่ากับ 1,874.52 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี ซึ่งถ้าจะคิดเพียงไม้ในป่าชุมชนเพียงอย่างเดียวเพื่อทดแทนการปลดปล่อยคาร์บอนของคนในชุมชนโดยไม่นำไม้ยืนต้นมาพิจารณาด้วยจะต้องมีไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนอย่างน้อย 76.89 ไร่ จึงจะเพียงพอต่อการชดเชยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของราษฎรในชุมชนต่อปี

สรุป

ประชากรกลุ่มเป้าหมายมีรายได้และรายจ่ายที่ใกล้เคียงกันประมาณ 75,000 ถึง 150,000 บาทต่อครัวเรือนต่อปี สังคมพืชส่วนใหญ่ในป่าชุมชนเป็นป่าผสมผลัดใบที่มีไม้เป็นไม้พื้นล่าง

โดยพบพรรณพืชทั้งหมด 67 ชนิด หมู่ไม้มีขนาดความโตด้านเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย และความสูงทั้งหมดเฉลี่ย เท่ากับ 17.52 เซนติเมตร และ 11.57 เมตร ตามลำดับ มีความหนาแน่น 81.39 ต้นต่อไร่ ปริมาณไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ไม้ซาง ไม้ไร่ ไม้ไร่เรียบ ไม้ข้าวหลาม และไม้บง ทั้งหมดมีจำนวน 167 กอ คิดเป็น 32.36 กอต่อไร่ และมีจำนวน 2,646.00 ลำ คิดเป็น 477.92 ลำต่อไร่

มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ซางสูงที่สุดคือ 18.34 ต้นต่อไร่ และ 31.61 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ ตามลำดับ มวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้บงน้อยที่สุดคือ 0.01 ต้นต่อไร่ และ 0.01 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ ตามลำดับ การกักเก็บคาร์บอนของป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย ไม้สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 9,313.16 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ถ้าคำนวณทั้งไม้และไม้ยืนต้นจะกักเก็บคาร์บอนได้เท่ากับ 14,229.50 ต้นคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

กำลังผลิตสำรองของไม้และปริมาณความต้องการใช้ประโยชน์ของราษฎรจะเห็นว่าไม้ไร่และไม้บงที่มีการใช้ประโยชน์เกินกำลังผลิตสำรองเท่ากับ 25,901.43 และ 12,276.57 ลำต่อปี ตามลำดับ ส่วนไม้ซาง ไม้ไร่เรียบ และไม้ข้าวหลาม มีการใช้ประโยชน์ในปริมาณน้อย และมีไม้บางชนิดที่ชาวบ้านปลูกหรือซื้อหามาจากภายนอกชุมชนเพื่อใช้ประโยชน์ ได้แก่ ไม้รวก ไม้ตง และไม้กิมซุง

ข้อเสนอแนะในการจัดการป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย ควรศึกษากำลังผลิตสำรองของไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนจากแปลงตัวอย่างถาวรอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างต่อเนื่องรายปี ซึ่งจะมีประโยชน์มากต่อการศึกษาวิจัยระยะยาวและสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการดำเนินกิจกรรมการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย ส่งเสริมและให้ความรู้กับราษฎรในชุมชนเกี่ยวกับข้อกฎหมายป่าชุมชน และหลักการวิธีการในการดำเนินกิจกรรมทางป่าไม้ เช่น การอนุรักษ์ การใช้ประโยชน์ไม้อย่างถูกหลักวิชาการ รวมไปถึงการปลูกฝังค่านิยมของความตระหนักในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ การจัดทำแผนการใช้ประโยชน์ไม้อย่างมีส่วนร่วมของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในชุมชน ผ่านเครื่องมือเช่น การวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน โอกาส และภัยคุกคาม (SWOT)

รวมถึงการสร้างกลไกทางการตลาดเพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตสินค้าจากไม้ เพื่อสร้างรายได้ให้กับคนในชุมชน ให้ชุมชนพึ่งพาตนเองได้ ลดการเกิดภาวะหนี้สินครัวเรือน รวมไปถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ๆ จากไม้เพื่อส่งเสริมการใช้ประโยชน์ไม้ในชุมชนให้เกิดความคุ้มค่าและเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้า เพื่อดึงดูดความต้องการซื้อให้มากขึ้น และการส่งเสริมการปลูกไม้ไร่ และไม้บง ที่มีความต้องการใช้ประโยชน์สูงกว่ากำลังผลิตสำรองของป่าชุมชน ในพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าชุมชน และพื้นที่ว่างเปล่าตามหัวไร่ปลายนา หรือที่อยู่อาศัย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะกรรมการป่าชุมชน ผู้นำชุมชนบ้านแป้นโป่งชัย ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและอำนวยความสะดวกในพื้นที่ และขอขอบคุณบริษัท ผลิตภัณฑ์และวัสดุก่อสร้าง (CPAC) ในเครือปูนซีเมนต์ไทย (SCG) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

- Athiratanapanya, V. 1993. *Management of Bamboo (Thyrsostachys siamensis) Plantations to Produce Shoots and Stems*. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- IPCC. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *The National Greenhouse Gas Inventories Programme*. IGES, Japan.
- Khamai, S. 2006. *Demand for Bamboo Used as Raw Material for Cottage Industry of Tum Chalong Sub-district, Muang District, Uttaradit Province*. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kutintara, U., Marod, D., Takahashi, M., Nakashizuka, T. 1995. *Growth and Dynamics of Bamboos in a Tropical Seasonal Forest*. Japan Science and Technology Agency, National Research Council of Thailand, Japan International Science and Technology Exchange Center, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Ministry of Natural Resources and Environment. 2009. **Biodiversity Encyclopedia of Bansa, Chae Hom District, Lampang Province**. Tone Colour: The Press Studio, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2022. **Green Network**. <https://www.greennetworkthailand.com/co2-energy-q2-2565/>, 19 October 2022.
- Ogawa, H., Yoda, K., Kira, T. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in SE Asia**, 1: 21-157.
- Royampaeng, S. 1990. **Biomass Production of 4 Indigenous Bamboo Species Planted at Angkhang Royal Project, Chiang Mai Province**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Shannon, C.E., Weiner, W. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- Subanseni, V. 1996. **Non-Timber Forest Products in Thailand**. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thanakitrungreung, A., Ohm-apinyan, S., Tiyanon, P., Kothamah, S. 1990. Inventory and utilization of bamboos in Ngao district Lampang province. **Thai Journal of Forestry**, 9(1): 36-47. (in Thai)
- Wanalanka, I., Poolsiri, R., Puangchit, L. 2015. Aboveground biomass of 4 bamboo plantations in different culm ages at Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 34(1): 65-75. (in Thai)
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

การกลับคืนของแมลงผิวดินภายหลังการเผา บริเวณอุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน

Recovery in Post-burned Ground-dwelling Insects
at the Srinan National Park, Nan Provinceกรรณิกา เชื้อทอง^{1,2}วิฒนชัย ตาเสน^{1*}กอบศักดิ์ วันธงไชย¹Kanniakar Chuatong^{1,2}Wattanachai Tasen^{1*}Kobsak Wanthongchai¹¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹ Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand² กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช 61 ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900² Department of National Park, Wildlife and plant Conservation, 61 Lat Yao, Bangkok 10900, Thailand

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

รับต้นฉบับ 5 กรกฎาคม 2566

รับแก้ไข 23 สิงหาคม 2566

รับลงพิมพ์ 4 กันยายน 2566

ABSTRACT

A study was conducted at the Srinan National Park in Nan province to investigate the recovery of ground-dwelling insects following a fire event. The study area was divided into three distinct habitats: mixed deciduous forest, dry dipterocarp forest, and agricultural zones. The observation sites were further categorized based on the varying time durations after the fire, spanning 1, 10, 30, and 90 days post-burning, as well as unburned control areas. The method involved collecting ground-dwelling insects using pitfall traps from February to July 2022. The findings of the study indicated a total of 127 insect species belonging to 39 families and 11 orders. Among these, the Hymenoptera order exhibited the highest presence, constituting 39.37% of the insect population and present in 70.35% of all the observed areas. Analyzing the distribution across habitats, the mixed deciduous forest had the highest species diversity, followed by agricultural areas and dry dipterocarp forest, with species counts of 53, 48, and 45, respectively. In terms of the post-fire species diversity, the agriculture area had the highest index, followed by the dry dipterocarp forest and mixed deciduous forest, with scores of 3.13, 3.00, and 2.94, respectively. Comparing the similarity between different areas, the similarity index ranged from 0.45 to 0.70. Through Pearson Correlation analysis, it was determined that the number of insect species, as well as the individual insect count, were correlated with the soil temperature. Notably, only the abundance of ground-dwelling insects was significantly correlated with soil temperature ($p < 0.01$) across all the post-burned durations. These results emphasize the role of soil temperature in influencing the recovery of ground-dwelling insects after a fire event.

Keywords: Ground-dwelling insects; Land use; Wildfire

บทคัดย่อ

การกลับคืนของแมลงผิวดินภายหลังการถูกไฟเผา ได้ศึกษาในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน ทำการเลือกพื้นที่ศึกษา 3 ประเภท คือ พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่ป่าเต็งรัง และพื้นที่เกษตร ตามระยะเวลาหลังการเผาที่แตกต่างกันได้แก่ ภายหลังเผา 1, 10, 30 และ 90 วัน ในพื้นที่ถูกไฟเผา และพื้นที่ไม่ถูกไฟเผาด้วยวิธีการวางกับดักหลุม ดำเนินการเก็บข้อมูลระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึง เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2565 ผลการศึกษาพบแมลงผิวดินทั้งหมด 127 ชนิด 39 วงศ์ 11 อันดับ ซึ่งแมลงในอันดับ Hymenoptera พบ จำนวนชนิดและจำนวนตัวแมลงผิวดินมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 39.37 และ 70.35 ของจำนวนที่พบทั้งหมดในพื้นที่ภายหลังการเผาพบ ชนิดแมลงผิวดินในพื้นที่ป่าเบญจพรรณมากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่เกษตร และป่าเต็งรัง จำนวน 53, 48 และ 45 ชนิด ตามลำดับ โดย ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดในพื้นที่หลังเผาพบพื้นที่เกษตรมีค่ามากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าเต็งรังและพื้นที่ป่าเบญจพรรณมี ค่าเท่ากับ 3.13, 3.00 และ 2.94 ตามลำดับ ค่าดัชนีความสม่ำเสมอมีค่าอยู่ในช่วง 0.45–0.70 ส่วนค่าดัชนีความคล้ายคลึงพบว่าพื้นที่ ป่าเต็งรังควบคุมไฟมีค่าความคล้ายคลึงกับพื้นที่ป่าเต็งรังหลังถูกไฟเผามากที่สุด คือร้อยละ 0.70 เมื่อวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในพื้นที่แต่ละ ช่วงเวลาภายหลังเผา โดยใช้ Pearson correlation ระหว่างจำนวนชนิด จำนวนตัว และอุณหภูมิดินพบว่าจำนวนตัวของแมลงผิวดินมี ความสัมพันธ์กับอุณหภูมิดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิดินในแต่ละช่วงเวลาภายหลังการเผามีผลต่อ การกลับคืนของแมลงผิวดิน

คำสำคัญ: แมลงผิวดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ไฟป่า

คำนำ

ไฟป่าในประเทศไทยส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของ มนุษย์ทั้งโดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ ผลกระทบของไฟป่าส่งผลให้ ระบบนิเวศได้รับความเสียหาย จนเกิดความเสื่อมโทรม (Suwanwaree and Phayungwiwatthanakoon, 2015) สัตว์ ป่าสูญเสียถิ่นที่อยู่อาศัยและแหล่งอาหาร รวมทั้งทำให้เกิด การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินอันเนื่องมาจากสิ่งปกคลุมหน้าดิน ถูกทำลาย สัตว์ที่อาศัยอยู่บริเวณผิวดินหรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่ ไม่สามารถหนีความร้อนได้อย่างท่วงทัน จะถูกไฟเผาตายหรือ เกิดการอพยพหนีออกจากสภาพแวดล้อมที่เกิดความไม่ เหมาะสม เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงอย่างฉับพลัน และที่ หลบซ่อนหรือที่อยู่อาศัยถูกไฟเผาทำลาย แต่ในขณะเดียวกัน ยังคงมีแมลงผิวดินบางส่วนที่มีความทนทานในการอยู่อาศัยใน สภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้ และสามารถกลับเข้ามา อยู่อาศัย หากิน หรือใช้ประโยชน์ในพื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น การศึกษาการกลับคืนของประชากรแมลงผิวดินในบริเวณที่มี ปัจจัยด้านไฟเข้ามามีบทวนเป็นการศึกษาพร้อมกับปัจจัยแวดล้อม ในด้านอุณหภูมิดิน และช่วงเวลาที่เหมาะสม ที่จะส่งผลต่อ ความมากมาย ความหนาแน่น และการกลับคืนของแมลงผิวดิน เข้ามายังพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลง จากการศึกษา ผลกระทบของไฟป่าต่อแมลงในดิน ณ ดอยอ่างขาง โดย Wiwatwittaya (1996) พบว่า ช่วงเวลาหลังจากพื้นที่ถูกเผา

ผ่านไป 5 วัน พบความหลากหลายชนิดและความหนาแน่นของแมลง น้อยมาก เทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีการเผาที่พบว่ามีหลากหลายชนิด และความหนาแน่นของแมลงมากกว่า โดยแมลงที่ได้รับ ผลกระทบจากไฟมากที่สุด ได้แก่ แมลงในอันดับ Collembola อันดับ Hemiptera เนื่องจากไม่พบการเข้ามาทำประโยชน์ใน พื้นที่หลังการเกิดไฟไหม้ โดยเฉพาะอันดับ Collembola ที่ ก่อนเกิดไฟ พบได้ถึง 3 วงศ์ 5 สกุล สาเหตุที่แมลงเหล่านี้ หายไปเนื่องจากตายเพราะความร้อนขณะเกิดไฟไหม้ สำหรับ บางส่วนที่เหลือไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม ที่แห้งแล้ง ขาดแคลนอาหาร หรือไร้ที่ซ่อนตัวหลังจากการเกิด ไฟไหม้ได้ สำหรับแมลงในอันดับ Isoptera และอันดับ Hymenoptera เป็นกลุ่มที่ได้รับผลกระทบน้อยที่สุด เนื่องจาก แมลงสามารถปรับตัวกลับเข้ามาใช้ประโยชน์ในพื้นที่หลังเกิดไฟ ไหม้ และปรับตัวได้ดีในสภาพแวดล้อมที่เกิดการเปลี่ยนแปลง กระทั่งหนีจากการเกิดไฟ เนื่องจาก มดและปลวก เป็นแมลงที่ อาศัยอยู่ทั้งผิวดินและใต้ดิน จึงสามารถรอดพ้นจากการถูกไฟ ไหม้ได้ เช่นเดียวกับ Udomsin (1996) พบว่าไฟมีผลกระทบ ต่อแมลงผิวดินจำพวกมดและปลวกลดลงกว่าแมลงกลุ่มอื่น ๆ เนื่องจากมีความสามารถในการปรับตัวในสภาพที่ร้อนและแห้ง แล้งบนผิวดินหลังจากไฟไหม้ใหม่ ๆ ได้ดี และจากการศึกษา ความแตกต่างทางปริมาณของสัตว์ที่มีขาเป็นข้อปล้องในดิน ก่อนและหลังการเกิดไฟไหม้ในป่า 4 ชนิด คือป่าดิบเขา

ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง พบว่า หลังจากการเกิดไฟ ป่าสนเขาเป็นป่าที่มีสัตว์ขาข้อปล้องกลับเข้ามามากที่สุด รองลงมาเป็นป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง และจากการศึกษาของ Thompson *et al.* (2022) พบว่า แมลงบางกลุ่มได้รับผลกระทบในทางลบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของที่อยู่อาศัย ความชื้น และอินทรีย์วัตถุหลังถูกไฟเผา แต่เนื่องจากประเทศไทยมีระบบนิเวศบางแห่งที่ไม่มีเต็งรังเป็นองค์ประกอบ สังคมป่าเหล่านี้จัดเป็นระบบนิเวศพึ่งไฟ มีการปรับตัวของเปลือกลำต้น เมล็ดมีเปลือกแข็งหุ้ม มีการโปรยเมล็ดหลังผ่านฤดูกาลไฟ การคงอยู่ของระบบนิเวศเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีไฟเกิดขึ้น ในช่วงเวลาและความถี่ที่เหมาะสม เพื่อไม่ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเสื่อมโทรม (Wanthongchai, 2011) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ทำให้ทราบถึงความหลากหลายและความมากมายของแมลงผิวดินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน รวมทั้งเปรียบเทียบความหลากหลายของแมลงผิวดินระหว่างพื้นที่ที่ถูกไฟเผา และพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟเผาในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกัน บริเวณอุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน สำหรับจัดทำข้อมูลขั้นพื้นฐานเพื่อนำไปเป็นแนวทางในการวางแผนบริหารจัดการไฟในพื้นที่ให้มีประสิทธิภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูล

ในการศึกษาได้เลือกพื้นที่อุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากมีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกันเป็น 3 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) ซึ่งเป็นป่าโปร่ง มีไม้ผลัดใบขนาดกลาง มีหญ้าและไผ่ขึ้นทั่วไป มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) ซึ่งเป็นป่าโปร่ง มีพรรณไม้วงศ์ Fabaceae วงศ์ Combretaceae และวงศ์ Labiatae มีไผ่ชนิดต่าง ๆ ขึ้นกระจัดกระจาย มักมีไฟป่า (Santisuk, 2012) และพื้นที่เกษตร (agriculture area) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกข้าวโพด บริเวณพื้นที่เกษตรดังกล่าวอยู่ใกล้กับแนวเขตป่าเบญจพรรณของอุทยาน-

แห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน ทำการเก็บข้อมูลในพื้นที่ป่าแต่ละประเภทพร้อมกันทุกครั้ง จำนวน 2 จุด คือ บริเวณที่ถูกไฟเผา และบริเวณที่มีการควบคุมไฟ เพื่อทำการเปรียบเทียบความหลากหลายของแมลงผิวดิน

ทำการเก็บตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ ด้วยวิธีการวางกับดักหลุม (pitfall traps) จำนวนพื้นที่ละ 20 กับดัก แต่ละกับดักห่างกัน 10 เมตร แต่ละพื้นที่ศึกษาห่างจากแนวกันไฟ ประมาณ 100 เมตร แบ่งเป็นพื้นที่ที่ถูกไฟเผา และพื้นที่ควบคุมไฟ (Figure 1) ทำการขุดหลุมเพื่อวางแก้วพลาสติกทรงกระบอก เส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ลึก 7 เซนติเมตร ลงในหลุม ให้วางขอบแก้วเสมอกับปากหลุมระดับเดียวกับพื้นผิวดิน เทสารละลายน้ำผสมแอลกอฮอล์ร้อยละ 50 น้ำร้อยละ 45 และน้ำยาล้างจาน ร้อยละ 5 ลงไปประมาณ 1 ใน 3 ของแก้ว ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Seekhiew *et al.*, 2020) จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างแมลงที่ตกลงไปในแก้วใส่ถุงพลาสติก พร้อมเติมแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง พร้อมทำการเก็บข้อมูลอุณหภูมิดินทุกครั้งในวันและเวลาที่มีการเก็บตัวอย่างแมลงผิวดิน ซึ่งในการสำรวจชนิดและจำนวนแมลงผิวดินครั้งนี้ได้ศึกษาในช่วงก่อนเผาและภายหลังที่มีการเผาวัชพืชเพื่อเตรียมพื้นที่รอทำเกษตรกรรมในช่วงต้นฤดูฝนของเกษตรกร ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ ถึงเดือนมิถุนายน 2565 สำหรับการศึกษาความแตกต่างของแมลงผิวดินที่พบในช่วงเวลา ก่อนและหลังไฟเผาของพื้นที่ทำการเกษตรและพื้นที่ป่าธรรมชาติเลือกช่วงเวลาเมื่อมีการชิงเผาเพื่อลดเชื้อเพลิง โดยทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเวลาก่อนถูกไฟเผา จำนวน 2 ครั้ง (เดือนกุมภาพันธ์ – มีนาคม 2565) แต่ละครั้งห่างกัน 30 วัน และทำการเก็บข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบหลังพื้นที่ถูกไฟเผา จำนวน 4 ครั้ง (เมื่อเวลาผ่านไป 1 วัน 10 วัน 30 วัน และ 90 วัน) โดยครั้งที่ 1 เริ่มเก็บข้อมูลในเดือนเมษายน 2565 และสิ้นสุดในเดือนมิถุนายน 2565 จากนั้นนำข้อมูลมาจำแนกในระดับอันดับ (order) วงศ์ (family) และชนิด (species) โดยใช้กล้อง Stereo microscope จากนั้นนำมาวิเคราะห์ความหลากหลาย และ ความมากมายของแมลงผิวดินที่ได้รับผลกระทบจากไฟในแต่ละพื้นที่ เพื่อวิเคราะห์พิจารณาการกลับคืนของแมลงผิวดิน

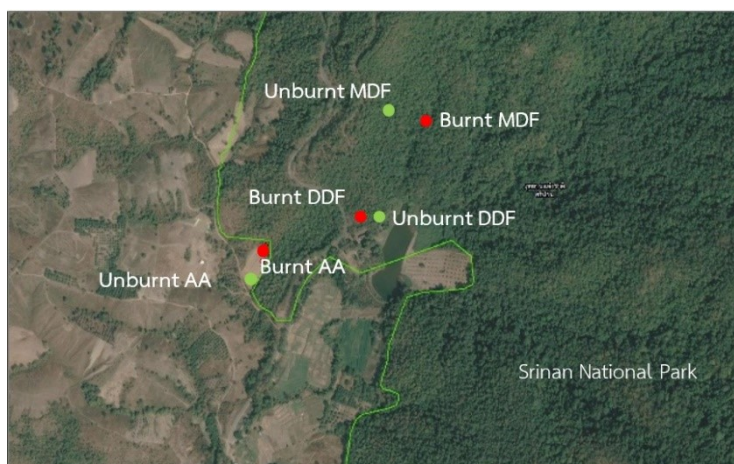


Figure 1 Map of the study site at Srinan National Park, Nan Province.

Remarks: DDF = dry dipterocarp forest MDF = mixed deciduous forest AA = agriculture area

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลจากการสำรวจมาคำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดโดยใช้สูตร Shannon–Wiener's Index (Wilson, 2000) ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Ludwig and Reynolds, 1988) เป็นการศึกษาระยะการกระจายของชนิดแมลงผิวดินในสังคม ซึ่งสังคมใดที่มีการกระจายสม่ำเสมอจะมีค่าดัชนีความสม่ำเสมอเข้าใกล้ 1 และค่าความคล้ายคลึงจากสมการของ Sørensen (Sørensen, 1984) โดยนำข้อมูลการปรากฏและไม่ปรากฏของแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ ส่วนค่าการปรากฏเป็นการเปรียบเทียบจำนวนชนิดของแมลงผิวดิน โดยพิจารณาจากข้อมูลความถี่ในการปรากฏแต่ละครั้งที่มีการสำรวจ (Krebs, 1972) สำหรับการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน (standard error of mean) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ของจำนวนตัว และความหลากหลายของแมลงผิวดินในแต่ละช่วงเวลาแต่ละพื้นที่ โดยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายและความมากมายของแมลงผิวดิน

จากการศึกษาความหลากหลายของแมลงผิวดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ต่างกัน บริเวณอุทยานแห่งชาติศรีน่าน จังหวัดน่าน ตลอดระยะเวลาการศึกษา พบแมลงผิวดินทั้งหมด 127 ชนิด 39 วงศ์ 11 อันดับ พบแมลงในอันดับ Coleoptera มากที่สุดจำนวน 14 วงศ์ รองลงมาได้แก่ อันดับ Hymenoptera

จำนวน 6 วงศ์ เมื่อวิเคราะห์จำนวนชนิดและจำนวนตัวของแมลงผิวดินที่พบในพื้นที่ศึกษา พบว่า แมลงในอันดับ Hymenoptera พบมากที่สุด คือ ร้อยละ 39.37 ของชนิดแมลงผิวดินที่พบทั้งหมด และร้อยละ 70.35 ของจำนวนตัวแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ แมลงผิวดินที่พบมากที่สุดได้แก่ มดคัน (*Pheidole* sp.1) มดละเอียดบ้าน (*Monomorium pharaonis*) มดไ้ขึ้นธรรมชาติ (*Odontoponera denticulata*) มดน้ำผึ้ง (*Anoplolepis gracilipes*) มดตะลัน (*Camponotus* sp.1) และมดฮี้ (*Crematogaster* sp.1) ซึ่งแมลงในกลุ่มดังกล่าวเป็นกลุ่มที่สามารถพบได้กระจายทั่วไปทุกพื้นที่ศึกษา

เมื่อวิเคราะห์การกลับคืนของแมลงผิวดินหลังพื้นที่ถูกไฟเผาทั้งหมด 90 วัน พบแมลงผิวดินทั้งหมด 87 ชนิด 30 วงศ์ 10 อันดับ พบแมลงในอันดับ Coleoptera มากที่สุด คือ 12 วงศ์ รองลงมาได้แก่อันดับ Hymenoptera จำนวน 5 วงศ์ และอันดับ Hemiptera จำนวน 4 วงศ์ เมื่อพิจารณาในระดับชนิดที่พบทั้งหมด 87 ชนิด พบแมลงผิวดินในอันดับ Hymenoptera มากที่สุด คือ 35 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 40.23 ของชนิดแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ รองลงมาคืออันดับ Coleoptera พบจำนวน 20 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 22.99 เมื่อพิจารณาในระดับจำนวนตัวพบแมลงผิวดินในอันดับ Hymenoptera มากที่สุด คือ 1,142 ตัว คิดเป็นร้อยละ 64.62 ของจำนวนตัวแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ รองลงมาคืออันดับ Collembola จำนวน 233 ตัว คิดเป็นร้อยละ 13.28 ของจำนวนตัวแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ (Figure 2) ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Udomsin (1996) ที่พบว่า อันดับที่ได้รับผลกระทบจากไฟ

น้อยที่สุดคือ Hymenoptera โดยเฉพาะพวกมดในวงศ์ Formicidae เนื่องจากเป็นแมลงที่มีพฤติกรรมการอยู่ร่วมกันแบบสังคม รวมทั้งกระจายอยู่ทั่วไปตามพื้นดิน และสามารถทนความร้อนได้ดี แม้ความร้อนจากไฟมีผลต่อการลดลงของจำนวนตัวเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ยังพบว่าในพื้นที่ป่าเต็งรัง และพื้นที่เกษตรบริเวณที่ถูกไฟเผาพบการกลับคืนของมดคัน (*Pheidole* sp.1) มดไอ้ขี้ธรรมา (*Odontoponera denticulata*) มดน้ำผึ้ง (*Anoplolepis gracilipes*) มดละเอียดบ้าน (*Monomorium pharaonis*) และ มดอี (*Crematogaster* sp.1) มากที่สุด ซึ่งพวกมดจัดเป็นกลุ่มที่มีการกระจายในพื้นที่จำนวนมากและสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพ

พื้นที่ได้อย่างรวดเร็ว สำหรับพื้นที่ป่าเบญจพรรณนอกจากจะพบการกลับคืนของพวกมดและปลวกในอันดับ Isoptera มากกว่ากลุ่มอื่น อาจเนื่องจากแมลงสองกลุ่มนี้สามารถปรับตัวให้อยู่รอดในพื้นที่ได้ดีในสภาพหลังพื้นที่ถูกไฟไหม้รวมทั้งเป็นแมลงที่มีการอาศัยอยู่เป็นกลุ่มใหญ่ นอกจากนี้ยังพบการกลับเข้ามาของแมลงในอันดับ Coleoptera ได้แก่ ตัวก้นกระดก (*Staphylinidae* unknown sp.3) มอดไม้ (*Scolytidae* unknown sp.1) และตัวดิน (*Apristus* sp.1) ซึ่ง Udomsin (1996) กล่าวว่า ไฟมีผลต่อการลดลงของจำนวนสกุลและจำนวนตัวอย่างชัดเจน รวมทั้งสามารถปรับตัวเข้ามาในพื้นที่หลังไฟไหม้ได้ดี

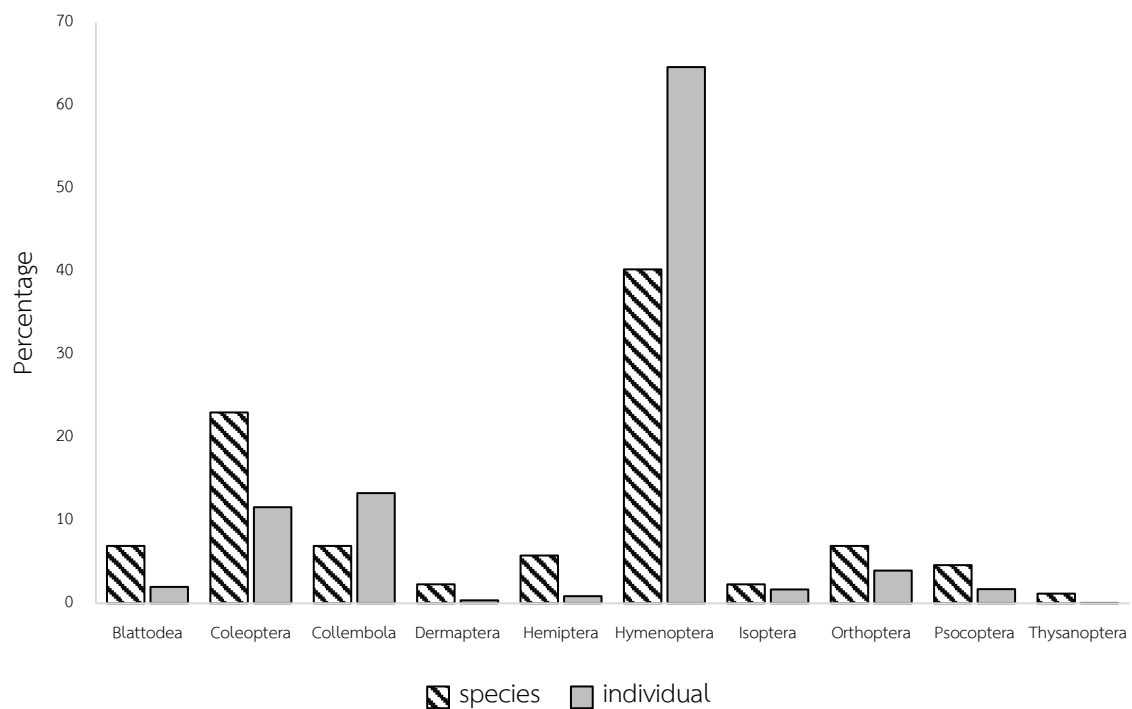


Figure 2 Percentage of insect species and individuals in each order.

เมื่อนำข้อมูลในแต่ละพื้นที่ที่ศึกษามาเปรียบเทียบการพบเจอแมลงผิวดิน (Table 1) พบว่า ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณพบแมลงผิวดินมากที่สุด คือ 53 ชนิด รองลงมาคือพื้นที่เกษตร และป่าเต็งรัง จำนวน 48 และ 45 ชนิดตามลำดับ โดยทั้งสามพื้นที่ศึกษาพบแมลงผิวดินในอันดับ Hymenoptera มีจำนวนตัวมากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับ Udomsin (1996) ที่พบว่า ไฟมีผลกระทบทางด้านจำนวนตัวมากกว่าจำนวนชนิด เนื่องจากแมลงกลุ่มนี้สามารถปรับตัวได้ดี มีการกระจายทั่วไปตามพื้นดินหรือซากพืชที่

ถูกไฟไหม้ไม่หมดจนสามารถกลับคืนมายังพื้นที่ได้ทันทีหลังถูกไฟเผา จึงแสดงให้เห็นว่าการที่แมลงผิวดินจะกลับคืนเข้ามาในพื้นที่จะต้องอาศัยการปรับตัวของสภาพแวดล้อม และปัจจัยอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางกายภาพหรือทางเคมีร่วมด้วย (Meenwang et al., 2012) เพื่อให้เกิดความเหมาะสมมากที่สุด แมลงผิวดินจึงจะสามารถกลับคืนมาได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อเปรียบเทียบการปรากฏของจำนวนตัวของแมลงผิวดินพบว่า ป่าเต็งรังพบจำนวนตัวแมลงผิวดินมากที่สุด คือ ร้อยละ 38.52 รองลงมาได้แก่

ป่าเบญจพรรณ และพื้นที่เกษตร เท่ากับ ร้อยละ 35.04 และ 26.44 ของจำนวนตัวแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ สำหรับแมลงช้างในวงศ์ Myrmeleontidae และ ตัวงผลไม้ วงศ์ Nitidulidae ที่ไม่พบการกลับคืนเข้ามาในพื้นที่อีก

เลยหลังถูกไฟเผา อาจสืบเนื่องมาจากพฤติกรรมในการหาอาหาร และการอยู่อาศัยของแมลงผิวดินทั้งสองที่พบว่า มักจะขุดหลุมหาอาหารบริเวณผิวดิน การที่บริเวณดังกล่าวถูกรบกวนด้วยไฟ จึงทำให้แมลงดังกล่าวสูญหายไปจากพื้นที่

Table 1 Number of ground-dwelling insects in each order at Srinan National Park, Nan province.

Order	Number of insect species in each order			Total
	DDF	MDF	AA	
Blattodea	3	4	2	6
Coleoptera	10	12	11	20
Collembola	5	6	5	6
Dermaptera	-	1	2	2
Hemiptera	3	2	1	5
Hymenoptera	18	18	21	35
Isoptera	1	2	1	2
Orthoptera	2	4	4	6
Psocoptera	3	3	1	4
Thysanoptera	-	1	-	1
Total	45	53	48	87

Remarks: DDF = dry dipterocarp forest MDF = mixed deciduous forest AA = agriculture area

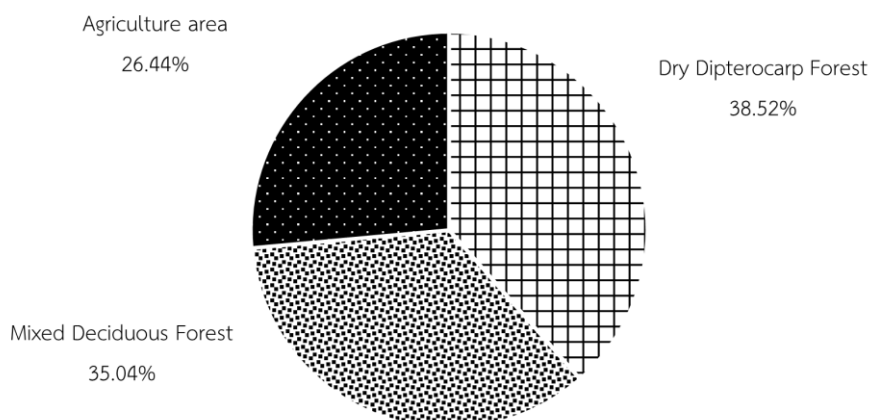


Figure 3 Percentage of individual insects in each area at Srinan National Park, Nan province.

โครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน

จากการวิเคราะห์ความหลากหลายทางชนิดโดยใช้สูตรของ Shannon – Wiener's Index พบว่า พื้นที่เกษตรหลังถูกไฟเผามีค่าความหลากหลายชนิดมากที่สุด เท่ากับ 3.13 รองลงมาได้แก่พื้นที่เกษตรควบคุมไฟ เท่ากับ 3.07 โดยบริเวณพื้นที่

เกษตรหลังถูกไฟเผาพบการกลับคืนของแมลงในอันดับ Hymenoptera เป็นส่วนใหญ่ ได้แก่มดละเอียด (*Monomorium pharaonis*) มดแดง (*Oecophylla smaragdina*) มดน้ำผึ้ง (*Anoplolepis gracilipes*) ซึ่งมดในกลุ่มนี้ได้ถูกจัดเป็นมดต่างถิ่นที่มีนิสัยรุกรานมดท้องถิ่น และชนิดมดที่พบกระจายอยู่ทั่ว

ทุกพื้นที่ได้แก่ มดคัน (*Pheidole* sp.1) มดฮี้ (*Crematogaster* sp.1) และมดไ้ซัน (*Odontoponera denticulata*) ซึ่งทั้งสามชนิดเป็นมดที่จัดว่ามีความสามารถในการหาอาหารอย่างรวดเร็ว เมื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอของแมลงผิวดิน พบว่าพื้นที่เกษตรถูกไฟเผามีค่าดัชนีความสม่ำเสมอมากที่สุด คือ 0.81 สูงกว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์อื่น ๆ และแมลงผิวดินที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ดังกล่าว มีการกระจายของประชากรได้ทั่วไฟ

ในพื้นที่ (Table 2) ดังนั้น จึงแสดงให้เห็นได้ว่า แมลงผิวดินที่อาศัยอยู่ในพื้นที่นี้มีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอยู่อาศัยในบริเวณที่มีการรบกวนด้วยไฟได้เป็นอย่างดี และเมื่อวิเคราะห์ความคล้ายคลึงของแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ศึกษาพบว่า มีค่าความคล้ายคลึงใกล้เคียงกันมากกว่า ร้อยละ 50 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการดำรงชีวิตของแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ได้ดี (Table 3)

Table 2 Species diversity and evenness indices of insects at Srinan National Park, Nan province.

	Forest type	Diversity index	Evenness index
Unburned sites	DDF	2.92	0.74
	MDF	2.88	0.74
	AA	3.07	0.74
Burned sites	DDF	2.94	0.77
	MDF	2.94	0.73
	AA	3.13	0.81

Remarks: DDF = dry dipterocarp forest MDF = mixed deciduous forest AA = agriculture area

Table 3 Similarity index of the ground-dwelling insects in each area.

		Unburned sites			Burned sites		
		DDF	MDF	AA	DDF	MDF	AA
Unburned sites	DDF	-	57.8	61.16	70.48	64.96	56.36
	MDF		-	56.2	51.43	58.12	45.45
	AA			-	57.14	56.45	68.38
Burned sites	DDF				-	53.70	53.47
	MDF					-	53.10
	AA						-

Remarks: DDF = dry dipterocarp forest MDF = mixed deciduous forest AA = agriculture area

การปรากฏของแมลงผิวดิน

จากการวิเคราะห์ผลการปรากฏของชนิดแมลงผิวดิน โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่พบน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 40) กลุ่มที่พบปานกลาง (ร้อยละ 40 – 70) และกลุ่มพบมาก (มากกว่าร้อยละ 70) โดยพบแมลงผิวดินในกลุ่มพบน้อยที่สุดจำนวน 80 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 54.42 ของจำนวนชนิดแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ โดยพื้นที่ที่แมลงกลุ่มนี้มากที่สุดคือ ป่าเบญจพรรณจำนวน 34 ชนิด รองลงมาคือพื้นที่เกษตรจำนวน 25 ชนิด และป่าเต็งรังจำนวน 21 ชนิด

กลุ่มพบปานกลางมีจำนวน 32 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 21.77 ของชนิดแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ โดยพื้นที่เกษตรพบจำนวนชนิดแมลงมากที่สุด จำนวน 12 ชนิด รองลงมาคือป่าเต็งรังพบจำนวน 11 ชนิด และ ป่าเบญจพรรณพบจำนวน 9 ชนิด สำหรับกลุ่มพบมากจำนวน 35 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 23.81 ของจำนวนชนิดแมลงผิวดินที่พบในพื้นที่ โดยเป็นแมลงในป่าเต็งรังจำนวน 13 ชนิด ป่าเบญจพรรณ 11 ชนิด และพื้นที่เกษตร 11 ชนิด

เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายของจำนวนตัวแมลง ผีเสื้อดินบริเวณป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และพื้นที่เกษตร ระหว่างพื้นที่ควบคุมไฟ และพื้นที่ถูกไฟเผา ในช่วงเวลาหลัง พื้นที่ที่ถูกไฟเผาผ่านไป 1, 10, 30 และ 90 พบว่า ป่าเต็งรังหลัง ถูกพื้นที่ที่ถูกไฟเผาผ่านไป 1 วัน 30 วัน และ 90 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) พื้นที่ป่าเบญจพรรณหลังพื้นที่ที่ถูกไฟเผาผ่านไป 10 วัน 30 วัน และ 90 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สำหรับพื้นที่เกษตรพบว่า หลังจากพื้นที่ที่ถูกไฟเผาผ่านไป 1 วัน 10 วัน 30 วัน และ 90 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Wiwatwittaya (1991) ที่พบว่า การที่พบจำนวนแมลงมากในพื้นที่ที่ไม่มีการเผา เนื่องมาจากสภาพพื้นที่ไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกทำให้การดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ ของแมลงผีเสื้อดินเป็นไปตามปกติภายในระบบนิเวศ และเมื่อเปรียบเทียบในพื้นที่ที่ถูกไฟเผาเมื่อเวลาผ่านไปพบความแตกต่างของปริมาณแมลงผีเสื้อดินลดลงอย่างเห็นได้ชัดโดยเฉพาะในช่วงเวลาหลังถูกไฟเผาผ่านไป 1 วัน ที่พบจำนวนแมลงผีเสื้อดินจะลดลงจำนวนมากอาจเนื่องมาจากไฟทำให้สภาพแวดล้อมเกิดการเปลี่ยนแปลง กระตุ้นให้แมลงผีเสื้อดินที่หลบหนีไม่ทันไปเป็นจำนวนมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน 30 วัน และ 90 วัน พบว่าปริมาณแมลงผีเสื้อดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Wiwatwittaya (1991) ที่พบว่าสาเหตุในแต่ละช่วงเวลามีการพบแมลงเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากแมลงผีเสื้อดินในบริเวณข้างเคียงที่ไม่ถูกไฟไหม้ ได้มีการอพยพเข้ามาอยู่อาศัย และแมลงผีเสื้อดินบางชนิดได้อาศัยอยู่ในใต้

ดินหรือใต้เศษซากที่เผาไหม้ไม่หมด และ Hosoishi *et al.* (2014) ที่พบความมากมายของมดเพิ่มขึ้นในช่วงเวลาหลังพื้นที่ถูกไฟเผาผ่านไป 2, 3 และ 6 เดือน

จากการเปรียบเทียบความมากมายเฉลี่ยของแมลงผีเสื้อดินที่พบในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดตามช่วงเวลาหลังพื้นที่ที่ถูกไฟเผาพบว่า อุณหภูมิมีความสัมพันธ์กับจำนวนแมลงผีเสื้อดินในทิศทางเดียวกัน โดยพบว่าเมื่อใดที่อุณหภูมิดินสูงขึ้นปริมาณแมลงผีเสื้อดินจะลดลง (Figure 4) สอดคล้องกับ Bourmas (2005) ที่พบว่าป่าผสมผลัดใบพบการปรากฏของมดแต่ละชนิดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิดิน เนื่องจากมดบางชนิดอาศัยอยู่ในดิน เมื่ออุณหภูมิดินเปลี่ยนแปลงจะทำให้มดมีการย้ายถิ่นฐาน ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation) ของชนิดจำนวนตัวแมลงกับปัจจัยแวดล้อม โดยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิดินและชนิดแมลงไม่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในขณะเดียวกันความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิดินกับปริมาณตัวของแมลงมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับ Phongam *et al.* (2015) พบว่า ความมากมายของสัตว์ขุดปล่องในดินมีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิในทิศทางเดียวกัน เมื่อใดที่อุณหภูมิดินสูงขึ้น ความมากมายเฉลี่ยของสัตว์ขุดปล่องในดินก็จะเพิ่มมากขึ้น และอุณหภูมิดินอยู่ระหว่าง 30–35 องศาเซลเซียสเป็นช่วงที่สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีพได้ และปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อการปรากฏของมดในป่าไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิดิน

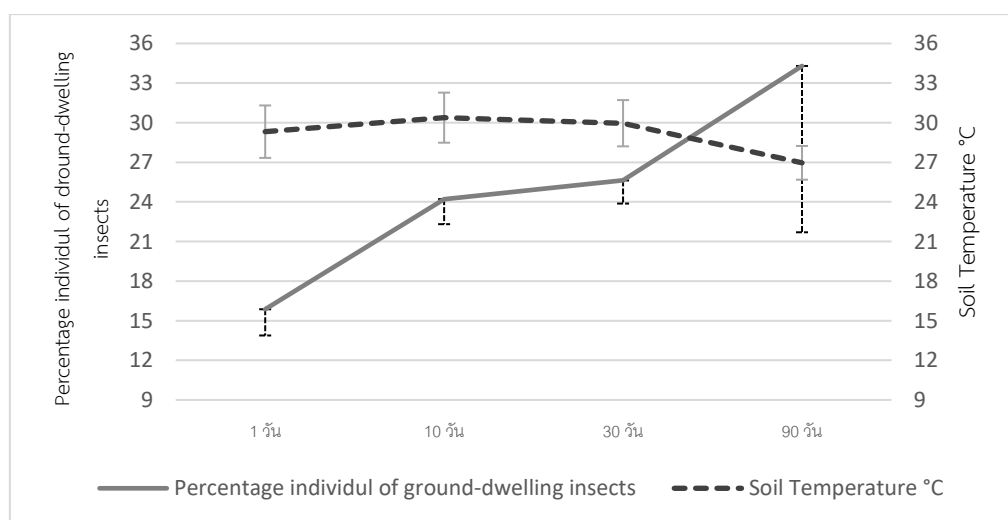


Figure 4 Mean soil temperature and the percentage of individual ground-dwelling insects at Srinan National Park, Nan province.

สรุป

จากการศึกษา พบแมลงผิวดินทั้งหมด 11 อันดับ 39 วงศ์ 127 ชนิด แมลงในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดและจำนวนตัวมากที่สุด หลังจากพื้นที่ถูกไฟเผาพบการกลับคืนของแมลงผิวดินทั้งหมด ทั้งหมด 87 ชนิด 30 วงศ์ 10 อันดับ โดยแมลงในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดและจำนวนตัวมากที่สุด คือ 39.37 ของจำนวนชนิดแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ และร้อยละ 70.35 ของจำนวนตัวแมลงผิวดินที่พบทั้งหมดในพื้นที่ ลักษณะโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินพบว่า พื้นที่เกษตรหลังถูกไฟเผามีความหลากหลายชนิดและความสม่ำเสมอมากที่สุด คือ 3.13 และ 0.81 และแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่มีความคล้ายคลึงใกล้เคียงกันมากกว่าร้อยละ 50 สำหรับการปรากฏของแมลงผิวดินพบกลุ่มที่พบมากจำนวน 35 ชนิด กลุ่มพบปานกลางจำนวน 32 ชนิด และกลุ่มพบน้อยจำนวน 80 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบความหลากหลายของจำนวนตัวแมลงผิวดินในพื้นที่ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และพื้นที่เกษตร หลังถูกไฟเผาผ่านไป 1, 10, 30 และ 90 วัน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของชนิดจำนวนตัวแมลงกับปัจจัยแวดล้อม โดยวิธี Duncan's new multiple range test พบว่าอุณหภูมิดินกับปริมาณตัวของแมลงมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

REFERENCES

- Bourmas, C., 2005. *Species Diversity of Ants at Huay Khayeng, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province*. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Hosoishi, S., Tasen, W., Park, S., Ngoc, A., Kuboki, Y., Ogata, K. 2014. Annual fire resilience of ground-dwelling ant communities in Hiraodai Karst Plateau grassland in Japan. *Entomological Science*, 18(2): 254-261. doi.org/10.1111/ens.12117
- Krebs, C.J. 1972. *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. Harper and Row Publishers, New York, USA.
- Ludwing, J.A., Reynolds, J.F. 1988. *Statistical Ecology*. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Meenwang, N., Payakka, A., Prommi, T. 2012. An application of aquatic insects as bioindicators of water quality in Mae Tao creek, Mae Sot district, Tak province. *Journal of Food Health and Bioenvironmental Science*, 5(2): 113-123. (in Thai)
- Phongam, J., Pitaktunsakul P., Soompee T. 2015. Species diversity of ants in the bamboo forest, Khuean Srinagarindra National Park Kanchanaburi province. *Journal of Kanchanaburi Rajabhat University*, 4(1): 82-90. (in Thai)
- Santisuk, T. 2012. *Forest of Thailand*, 3rd ed. Forest and Plant Conservation Research Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Seekhiew, A., Tasen, W., Teejuntuk, S. 2020. Ground dwelling insect community in limestone mining rehabilitation area, Saraburi province. *Thai Journal of Forestry*, 39 (1): 1-10. (in Thai)
- Sørensen, F.B 1984. Physical measurement as risk indicators for low-back trouble over a one-year period. *Journal of Spinal Disorders and Techniques*, 9(2): 106-19. DOI: 10.1097/00007632-198403000-00002
- Suwanwaree, P., Phayungwiwatthanakoon, C. 2015. *Impacts of Forest Fire on the Forest Fertility and Air Qfuality in Chiang Mai Province*. Suranaree University of Technology. Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- Thompson, H., Lesser, M., Myers, L., Mihuc, T. 2022. Insect community response following wildfire in an eastern north American pine Barrens. *Forest*, 13(1): 66. doi.org/10.3390/f13010066
- Udomsin, A. 1996. *Effects of Forest Fire on Soil Arthropods at Phu Kradung National Park, Changwat Loei*. M.S. Thesis. Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Wanthongchai, K. 2011. **Fire Ecology in Pine-related Forests and its effects on Vegetation and Nutrient Dynamics at Phu Koom Khaw, Nam Nao National Park.** Thailand Science Research and Innovation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wilson, E.O. 2000. **Ants Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity.** Smithsonian Institution Press. Washington, USA.
- Wiwatwittaya, D. 1991. **The Effects of Forest Fire on Soil Insects at Doi Angkhang, Changwat Chiang Mai.** M.S. Thesis. Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wiwatwittaya, D. 1996. Diversity of soil insects at hill evergreen forest Doi Angkhang, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 15: 132-137. (in Thai)
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินบริเวณสวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว

The Community Structure of Ground Dwelling Insects
at Wang Nam Yen Botanical Garden, Sakaeo Provinceสมฤดี จันบุบผา^{1,2}วัฒนชัย ตาเสน^{1*}สุธีร์ ดวงใจ¹Somrudee Janbooppa^{1,2}Wattanachai Tasen^{1*}Sutee Duangjai¹¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 3 (บ้านโป่ง) กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช บ้านโป่ง ราชบุรี 70110²Protected Areas Regional Office 3 (Banpong), Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Banpong Ratchaburi 70110, Thailand

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

รับต้นฉบับ 6 มิถุนายน 2566

รับแก้ไข 18 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 25 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

The community structure of ground dwelling insects was determined at Wang Nam Yen Botanical, Sakaeo Province. The research locations were divided into a natural forest area, Fabaceae planted area and herb garden area. Insects residing on the ground were captured using pitfall-traps and Winkler extractors. The samples were collected every two months between May 2022 and April 2023. The findings revealed that the total number of ground dwelling insects could be classified into 273 species, belonging to 75 families and 12 orders. The highest number of insect species were from the Hymenoptera order (78 species), followed by Coleoptera and Diptera (64 and 34 species, respectively). The highest index of species diversity was found in the natural forest, followed by the Fabaceae planted area and the herb garden (4.49, 4.47, and 4.45, respectively), with the areas having an evenness value between 0.79 and 0.80. The similarity index was moderate, ranging from 0.58 to 0.64. A higher number of ground dwelling insect species was found during the wet season relative to the dry season (234 and 158 species, respectively). Soil moisture and season were significantly associated with the number of ground dwelling insect species in all areas ($p < 0.05$). In summary, we conclude that the seasonal fluctuations and soil moisture had an impact on the community structure of ground dwelling insects.

Keywords: Botanical garden; Community structure; Ground dwelling insect; Insect

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน ได้ทำการสำรวจในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว โดยแบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ ป่าธรรมชาติ พื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่ว และสวนสมุนไพร ทำการเก็บตัวอย่างแมลงผิวดินโดยใช้กับดักหลุม (pitfall-trap) และกับดักถุงผ้า (Winkler extractor) ทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2565–เมษายน 2566 ผลการศึกษาพบแมลงทั้งสิ้น 273 ชนิด 75 วงศ์ จาก 12 อันดับ ซึ่งแมลงในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดมากที่สุด 84 ชนิด รองลงมาเป็นอันดับ Coleoptera และอันดับ Diptera จำนวน 70 และ 34 ชนิด ตามลำดับ ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด (species diversity index) ในพื้นที่ป่าธรรมชาติมากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่ว และพื้นที่สวนสมุนไพร มีค่าเท่ากับ 4.49, 4.47 และ 4.45 ตามลำดับ ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ พบว่า มีค่าความสม่ำเสมออยู่ในช่วง 0.79–0.80 ส่วนค่าดัชนีความคล้ายคลึงของแมลง พบว่าทุกพื้นที่มีค่าความคล้ายคลึงในระดับปานกลางอยู่ระหว่าง 0.58–0.64 โดยในฤดูฝนพบชนิดแมลงผิวดินมากกว่าฤดูแล้ง จำนวน 234 และ 158 ชนิด ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับชนิดแมลงในแต่ละพื้นที่ พบว่าความชื้นดินและฤดูกาลมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) กับจำนวนชนิดแมลงผิวดิน แสดงให้เห็นว่าความชื้นและฤดูกาลมีผลต่อสังคมของแมลงผิวดิน

คำสำคัญ: สวนพฤกษศาสตร์ โครงสร้างทางสังคม แมลงผิวดิน แมลง

คำนำ

ปัจจุบันประชาชนให้ความสนใจและความสำคัญในการปลูกต้นไม้ โดยเฉพาะไม้ยืนต้น ผนวกกับภาครัฐมีนโยบายการส่งเสริมการปลูกไม้เศรษฐกิจในรูปแบบการปลูกสร้างสวนป่าเป็นจำนวนมาก เพื่อการใช้ประโยชน์จากการปลูกไม้ที่แตกต่างกันในรูปแบบต่าง ๆ หรือการปลูกเพื่อเลียนแบบป่าธรรมชาติ ซึ่งการจัดการการปลูกนั้น ประกอบไปด้วยปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยทางชีวภาพ รวมถึงสัตว์ขนาดเล็ก เช่น แมลง ซึ่งแมลงส่วนใหญ่สามารถสร้างประโยชน์ต่อมนุษย์ในหลาย ๆ ด้าน รวมไปถึงบทบาทสำคัญทางระบบนิเวศ (Subinprasert, 2003)

แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนชนิด (species) มากที่สุดในโลก สามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม และหลายชนิดมีความไวต่อการถูกรบกวนถิ่นที่อยู่อาศัยได้ดี (Thani, 2014) ด้วยความสามารถที่เหนือกว่าสัตว์ในกลุ่มอื่นจึงทำให้ปัจจุบันมีนักวิจัยได้นำแมลงมาใช้เป็นตัวบ่งชี้เพื่อสำรวจสถานภาพทางทรัพยากรธรรมชาติ (Tasen, 2019) โดยเฉพาะกลุ่มแมลงผิวดินที่ต้องอาศัยในพื้นที่ดินที่มีการหมุนเวียนของสารอาหาร ออกซิเจน และความชื้นที่เพียงพอต่อการดำรงชีวิต (Gajasen, 1976; Jetanajit *et al.*, 1982) เช่น การใช้หมัดหรือปลวกเป็นตัวชี้วัดความอุดมสมบูรณ์ของป่า กลุ่มแมลงที่ถูกนำมาใช้ต้องพิจารณา

จากบทบาทหน้าที่ภายในระบบนิเวศ และการแพร่กระจายในพื้นที่ด้วย (Forest and Plant Conservation Research Office, 2016) แมลงจึงเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบนิเวศที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ได้ทั้งความหลากหลายทางชีวภาพและผลผลิตที่ได้รับจากป่า แมลงผิวดินมีบทบาทเกี่ยวกับคุณภาพของดินในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากการขุดคุ้ยดิน และกิจกรรมของแมลงผิวดินหลายชนิดช่วยรักษาโครงสร้างของดิน เนื่องจากการย่อยสิ่งต่างๆ ที่อยู่ในดินเพื่อเป็นอาหาร กลุ่มของมด ปลวก มีการสร้างรังในดิน ทำให้มีการไถพรวนดิน ซึ่งจะช่วยปรับสมดุลเคเล้าดินและแร่ธาตุในดินมากขึ้น ช่วยให้อากาศและน้ำถ่ายเทได้ดีขึ้น (Culliney, 2013) การศึกษาด้านโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินจึงเป็นสิ่งที่ควรให้ความสำคัญ ที่จะทำให้ทราบถึงความหลากหลายของชนิดของแมลงผิวดิน รวมทั้งการศึกษาความสัมพันธ์กับปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณของซากพืช และการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลที่ส่งผลต่อการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของประชากรแมลงในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน จึงสามารถบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศได้ (Mound and Waloff, 1978) อาทิ การศึกษาสังคมแมลงผิวดินในพื้นที่พื้นที่ป่าหุบเขาเมืองหินปูน จังหวัดสระบุรี ของ Seekhiew *et al.* (2020) พบว่า พื้นที่ที่มีการฟื้นฟูป่ามากกว่า 10 ปี มีความคล้ายคลึงของแมลงผิวดินใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติมากกว่าพื้นที่การใช้

ประโยชน์อื่น ๆ และช่วงฤดูฝนค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดจะสูงกว่าฤดูแล้ง แสดงถึงมีปริมาณชนิดและจำนวนตัวที่แตกต่างกันเนื่องจากแมลงบางกลุ่มต้องการถิ่นอาศัยที่มีความชื้นเพียงพอและเหมาะสมทั้งช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน จึงทำให้พบแมลงแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Sangnummon *et al.*, 2021) แสดงให้เห็นว่าการฟื้นฟูป่าและปัจจัยทางกายภาพมีแนวโน้มที่ส่งผลต่อการกลับคืนของแมลง การศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการพื้นที่และการประเมินการกลับคืนของสภาพพื้นที่ในการปลูกป่าที่ดีต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

สวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น อำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว จัดตั้งขึ้นในพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน พรรณไม้ในป่าธรรมชาติเป็นสังคมพืชป่าดิบแล้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อรวบรวมพรรณไม้ตามหลักอนุกรมวิธาน ซึ่งเป็นเวลากว่า 20 ปี โดยได้เริ่มปลูกสร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2543 ประกอบด้วยโซนปลูกพืชวงศ์ต่าง ๆ และมีการจัดหมวดหมู่ตามการใช้ประโยชน์ซึ่งเป็นไปตามหลักวิชาการ การศึกษาค้นคว้าได้แบ่งพื้นที่ศึกษาออกเป็น 3 พื้นที่ ได้แก่ 1) พื้นที่ป่าธรรมชาติ (natural forest) ซึ่งเป็นป่าดั้งเดิม 2) พื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae planted area) มีไม้วงศ์ถั่วเป็นไม้เด่น เช่น แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) ประดู่บ้าน (*Pterocarpus indicus*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และ 3) พื้นที่สวนสมุนไพร (herb garden area) เป็นพื้นที่ที่รวบรวมพันธุ์ไม้ที่ให้สรรพคุณทางยา ไม้ยืนต้นเด่น เช่น กฤษณา (*Aquilaria crassna*) บุนนาค (*Mesua ferrea*) พิกุล (*Mimusops elengi*) และไม้พืชราก เช่น ชะเอม (*Albizia myriophylla*) พุดผา (*Gardenia saxatilis*) เขยตาย (*Glycosmis pentaphylla*) เป็นต้น

การเก็บข้อมูลภาคสนาม

ทำการเก็บข้อมูลแมลงผิวดินโดยใช้ 2 วิธีการ คือ กับดักหลุม (pitfall-trap) และกับดักถุงผ้า (Winkler extractor) (Figure 1) และเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อมบางประการทั้งสิ้น 3 ปัจจัย คือ อุณหภูมิผิวดิน (soil temperature) ความชื้นสัมพัทธ์ของดิน (soil moisture) และความหนาของซากพืช (litter)

ดำเนินการเก็บตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ทุก 2 เดือน ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม 2565 ถึงเมษายน 2566 เป็นเวลา 1 ปี แบ่งเป็นช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม 2565) และช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน 2565 – เมษายน 2566) รายละเอียดในการเก็บข้อมูลภาคสนามดังนี้

1. ทำการเก็บตัวอย่างแมลงผิวดินโดยใช้ 2 วิธีการดังนี้

1.1 กับดักหลุม (pitfall-trap) ซึ่งกับดักหลุมเป็นวิธีการที่ใช้สำหรับศึกษาแมลงที่หากินอยู่บริเวณพื้นดิน รวมถึงแมลงในดินหากินบนพื้นดินในเวลากลางคืนได้ดี (Tasen, 2019) ทำการวางกับดักด้วยแก้วพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สูง 15 เซนติเมตร ติดตั้งโดยการฝังแก้วพลาสติกลงไปในดิน ให้ปากแก้วพลาสติกเสมอบริเวณผิวดิน และเติมน้ำผสมน้ำยาล้างจาน ลงไปประมาณ 1 ใน 3 ของแก้ว โดยวางกับดักในแต่ละพื้นที่ด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายกระจายทั่วพื้นที่ จำนวน 20 จุด แต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร การวางจะต้องคำนึงถึงขอบเขตพื้นที่คือจะต้องห่างจากชายขอบพื้นที่ประมาณ 20 เมตร วางกับดักทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการเก็บตัวอย่างแมลงในกับดักใส่ขวดเก็บตัวอย่างที่มีแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 70 เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง

1.2 กับดักถุงผ้า (Winkler extractor) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกแมลงต่าง ๆ ที่อยู่ในดิน ผิวดินและตามพื้นดิน วิธีการโดยวางแปลงย่อยในแต่ละพื้นที่ขนาด 50 เซนติเมตร x 50 เซนติเมตร จำนวน 10 แปลงย่อย แต่ละกับดักจะห่างกัน 10 เมตร ทำการเก็บเศษซากพืช และเปิดหน้าดินลึกลงไปประมาณ 3–5 เซนติเมตรในแปลงดังกล่าวใส่ถุงพลาสติก หลังจากนั้นนำไปใส่ในถุงตาข่ายที่อยู่ในกับดักถุงผ้า แหวนทิ้งไว้เป็นเวลา 72 ชั่วโมงเพื่อแยกแมลงที่ปะปนมากับดิน

นำแมลงที่ได้จากการเก็บตัวอย่างมาบันทึกข้อมูลรายละเอียดของตัวอย่างแมลง ได้แก่ วันที่ สถานที่ ชื่อผู้เก็บหมายเลขกับดัก เป็นต้น และนำมาจำแนกความแตกต่างทางลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอก (morphospecies) ของแมลง (Tasen, 2019) ในห้องปฏิบัติการต่อไป

2. การเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อมบางประการ

2.1 อุณหภูมิผิวดิน (soil temperature) ทำการวัดอุณหภูมิผิวดิน โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ ปักลงในดินที่ระดับความลึก

5 เซนติเมตร ทั้งไว้ 5 นาที แล้วทำการอ่านค่าพร้อมจดบันทึก ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่ โดยการทำการวัดพื้นที่ละ 5 จุด

2.2 ความชื้นสัมพัทธ์ของดิน (soil moisture) ทำการเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ soil core ขนาด 5 เซนติเมตร x 5 เซนติเมตร ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่ พื้นที่ละ 5 จุด นำมาชั่งน้ำหนักสด หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส

เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

2.3 ความหนาของซากพืช (litter) ใช้ไม้บรรทัดวัดความหนาของเศษซากพืชที่ชั้น A_0 ในพื้นที่ศึกษาทั้ง 3 พื้นที่ โดยการทำการวัดพื้นที่ละ 5 จุด

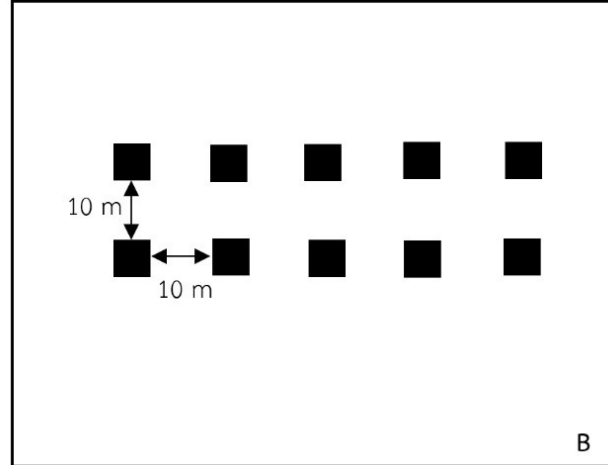
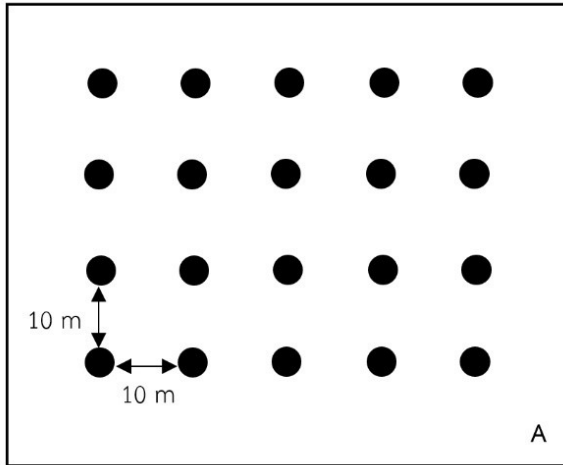


Figure 1 Two trap types used in this study: A) pitfall-trap and B) Winkler extractor.

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลแมลงผิวดินที่ได้มาวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด (species diversity index) โดยใช้สูตรของ Shannon-Wiener's Index เพื่อเปรียบเทียบค่าความหลากหลายของแมลงในแต่ละพื้นที่ทำการศึกษา (Ludwig and Reynold, 1988) ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (evenness index) เพื่อทราบการกระจายชนิดแมลงผิวดินในสังคมนั้นๆ โดยใช้สมการ Evenness's index (Ludwig and Reynolds, 1988) ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (similarity index, IS) เป็นข้อมูลการปรากฏของแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ โดยใช้สมการของ Sørensen (Krebs, 1972) ในการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เปรียบเทียบแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่และความแตกต่างช่วงฤดูกาล ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และใช้ Pearson correlation หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมบางประการกับความหลากหลายของแมลงผิวดิน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายและการปรากฏของแมลงผิวดิน

การศึกษาแมลงผิวดินในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว พบแมลงจำนวนทั้งสิ้น 273 ชนิด 75 วงศ์ จาก 12 อันดับ (อันดับ Blattodea, Coleoptera, Collembola, Dermaptera, Diplura, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Isoptera, Orthoptera, Psocoptera และ Thysanoptera) แมลงในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดมากที่สุด 84 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 30.77 รองลงมาเป็นอันดับ Coleoptera และอันดับ Diptera จำนวน 70 และ 34 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 25.64 และ 12.45 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด ตามลำดับ (Table 1) ส่วนจำนวนตัวของแมลงพบว่าแมลงในอันดับ Hymenoptera พบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 47.92 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด รองลงมาเป็นอันดับ Collembola และ Coleoptera คิดเป็นร้อยละ 12.92 และ 12.41 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด ตามลำดับ

ส่วนแมลงในอันดับ Blattodea และ Dermaptera พบมีจำนวนตัวน้อยที่สุด คิดเป็นร้อยละ 0.46 และ 0.05 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด ตามลำดับ ในระดับวงศ์ที่พบทั้ง 75 วงศ์นั้น พบว่าวงศ์ที่มีจำนวนตัวมากที่สุดเป็นพวกมดในวงศ์ Formicidae อันดับ Hymenoptera สอดคล้องกับการศึกษาในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ในจังหวัดปทุมธานี (Sangnummon *et al.*, 2021) และในพื้นที่ป่าพื้นที่ชุ่มน้ำเมืองปุน จังหวัดสระบุรี (Seekhiew *et al.*, 2020) ที่พบแมลงผิวดินในวงศ์ Formicidae มากกว่าแมลงกลุ่มอื่น อาจเนื่องมาจากมดเป็นแมลงสังคม (Hölldobler and Wilson, 1990) สามารถปรับตัวให้เข้ากับถิ่นที่อยู่อาศัยที่มีการบุกรุกทำลายได้ และยังเป็นแมลงพวกแรกที่เข้ายึดครองพื้นที่ที่ถูกบุกรุกทำลายก่อนสัตว์อื่น (Anderson, 1997) ซึ่งในการศึกษารั้วนี้ชนิดมดที่พบมากที่สุด ได้แก่ มดไอ้ขนธรรมา (*Odontoponera denticulata*) รองลงมาเป็นมดง่ามทุ่ง (*Carebara diversa*) มดดอกแหลม (*Lophomyrmex* sp.1) และมดหนามคู่สี่เท้า (*Diacamma orbiculatum*) ตามลำดับ มดสองชนิดแรกเป็นชนิดมดที่สามารถพบได้ในหลายพื้นที่ ซึ่งการศึกษารั้วนี้พบมดไอ้ขนธรรมาและมดง่ามทุ่งมากในที่โล่ง และยังพบว่ามดง่ามทุ่งมักอยู่ร่วมกันในรังเป็นกลุ่มค่อนข้างใหญ่

เมื่อนำข้อมูลมาเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่ศึกษา พบแมลงผิวดินในพื้นที่บริเวณปลูกไม้วงศ์ถั่ว พบจำนวนชนิดมากที่สุดจำนวน 176 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 64.47 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าธรรมชาติ และพื้นที่สวนสมุนไพร จำนวน 168 และ 163 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 61.54 และ 59.71 ของจำนวนชนิดที่พบทั้งหมด ตามลำดับ จากการสังเกตพบว่าเรือนยอดไม้รกทึบและไม่เปิดโล่งเกินไป จึงมีพืชล้มลุกและหญ้าบริเวณผิวดินหนาแน่น ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นแหล่งอาศัยและแหล่งอาหารของสัตว์กินพืชและแมลงทั่วไปได้ (Marod and Kutintara, 2009) และในไม้วงศ์ถั่วมีไรโซเบียม (rhizobium) เป็นพวกแบคทีเรียที่อาศัยอยู่ที่รากทำให้เกิดเป็นปม (nodule) สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศแล้วเปลี่ยนรูปไปอยู่ในสภาพที่รากถั่วสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ (Academic Affair and Planning Bureau, 2017) สอดคล้องกับการศึกษาของ Sangnummon *et al.* (2021) ที่พบว่า ไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กันกับจำนวนชนิดแมลงที่พบในพื้นที่ หากไนโตรเจนเพิ่มขึ้นอาจส่งผลให้ค่าดัชนีความ

หลากหลายเพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน ในขณะที่จำนวนตัวของแมลงที่พบใน 3 พื้นที่ มีจำนวนเท่ากับ 2,160 ตัว ป่าธรรมชาติพบมากที่สุดจำนวน 791 ตัว คิดเป็นร้อยละ 36.62 (Table 2) ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่ว จำนวน 743 ตัว และพื้นที่สวนสมุนไพร จำนวน 626 ตัว คิดเป็นร้อยละ 34.40 และ 28.98 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์การกระจายของแมลงผิวดิน พบว่าการกระจายอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง แมลงผิวดินที่พบการกระจายได้ในทุกพื้นที่ จำนวน 78 ชนิด ใน 9 อันดับ (Coleoptera, Collembola, Diplura, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, Orthoptera, Psocoptera และ Thysanoptera) ซึ่งในจำนวนนี้พบมากที่สุดเป็นแมลงจำพวกมดถึง 27 ชนิด สอดคล้องกับ Senthong (2003) และ Pannavalee *et al.* (2016) ที่รายงานว่ามดสามารถพบการกระจายได้ในหลายๆ พื้นที่ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในแต่ละพื้นที่ ชนิดของแมลงผิวดินที่พบเฉพาะในพื้นที่ป่าธรรมชาติ มีจำนวน 42 ชนิด ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุด คือ ตัวงันกระดก (*Cephennium* sp.1) และมดป้อมเหลือง (*Mayriella transfuga*) ส่วนชนิดของแมลงผิวดินที่พบได้เฉพาะพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่ว มีจำนวน 39 ชนิด ชนิดที่พบในพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วมากที่สุด คือ แมลงหางติด (*Entomobryidae* unknow sp.5) และชนิดของแมลงผิวดินที่พบเฉพาะพื้นที่สวนสมุนไพรจำนวน 38 ชนิด ซึ่งชนิดที่พบมากที่สุด คือ จิ้งหรีด (*Teleogryllus* sp.1) และจากการวิเคราะห์ผลการปรากฏของชนิดแมลงผิวดิน สามารถแบ่งระดับการปรากฏของชนิดแมลงผิวดิน ออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่พบน้อย (น้อยกว่าร้อยละ 40) จำนวน 188 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 43.22 กลุ่มที่พบปานกลาง (ร้อยละ 41-69) จำนวน 77 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 28.21 กลุ่มที่พบบ่อย (มากกว่าร้อยละ 70) จำนวน 78 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 28.57 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละพื้นที่ยังมีความแตกต่างกันของชนิดแมลงผิวดิน ทำให้ชนิดของกลุ่มแมลงที่พบบ่อยยังมีจำนวนสัดส่วนใกล้เคียงกับกลุ่มที่พบปานกลางแต่น้อยกว่ากลุ่มที่พบน้อยตามลำดับ อาจเกิดจากความแตกต่างกันทางด้านปัจจัยบางประการ โดยเฉพาะปัจจัยทางกายภาพไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝนจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประชากรแมลงด้วย (Andersen *et al.*, 2002)

Table 1 Number of insect species in each order in Wang Nam Yen Botanical, Sakaeo province.

Order	Fabaceae planted area		Natural forest		Herb garden area		Total	
	Species	Percent	Species	Percent	Species	Percent	Species	Percent
Blattodea	5	2.84	0	0.00	3	1.84	8	2.93
Coleoptera	40	22.73	42	25.00	33	20.25	70	25.64
Collembola	10	5.68	10	5.95	9	5.52	11	4.03
Dermaptera	1	0.57	0	0.00	0	0.00	1	0.37
Diplura	2	1.14	2	1.19	2	1.23	2	0.73
Diptera	21	11.93	26	15.48	20	12.27	34	12.45
Hemiptera	16	9.09	10	5.95	15	9.20	26	9.52
Hymenoptera	58	32.95	59	34.52	56	34.36	84	30.77
Isoptera	4	2.27	2	1.19	3	1.84	6	2.20
Orthoptera	11	6.25	8	4.76	13	7.98	21	7.69
Psocoptera	3	1.70	3	1.79	3	1.84	3	1.10
Thysanoptera	5	2.84	6	3.57	6	3.68	7	2.56
Total	176	100.00	168	100.00	163	100.00	273	100.00
Percent	64.47		61.54		59.71		100	

Table 2 Number of insect individuals in each order in Wang Nam Yen Botanical, Sakaeo province.

Order	Fabaceae planted area		Natural forest		Herb garden area		Total	
	Individuals	Percent	Individuals	Percent	Individuals	Percent	Individuals	Percent
Blattodea	7	0.94	0	0	3	0.48	10	0.46
Coleoptera	93	12.52	115	14.54	60	9.58	268	12.41
Collembola	84	11.31	112	14.16	83	13.26	279	12.92
Dermaptera	1	0.13	0	0.00	0	0.00	1	0.05
Diplura	8	1.08	12	1.52	13	2.08	33	1.53
Diptera	82	11.04	83	10.49	64	10.22	229	10.60
Hemiptera	27	3.63	17	2.15	27	4.31	71	3.29
Hymenoptera	362	48.72	370	46.78	303	48.40	1035	47.92
Isoptera	9	1.21	2	0.25	3	0.48	14	0.65
Orthoptera	29	3.90	19	2.40	23	3.67	71	3.29
Psocoptera	18	2.42	28	3.54	27	4.31	73	3.38
Thysanoptera	23	3.10	33	4.17	20	3.19	76	3.52
Total	743	100.00	791	100.00	626	100.00	2160	100.00
Percent	34.40		36.62		28.98		100	

โครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน

การศึกษาโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน พิจารณาจากค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ และค่าดัชนีความคล้ายคลึง จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด พบว่า บริเวณพื้นที่ป่าธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 4.49 รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วและพื้นที่สวนสมุนไพร มีค่าเท่ากับ 4.47 และ 4.45 ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยการเปรียบเทียบความหลากหลายทางชนิดในแต่ละพื้นที่ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงให้เห็นว่าความหลากหลายชนิดของแมลงผิวดินที่พบไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ในส่วนผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ พบว่าในแต่ละพื้นที่มีค่าความสม่ำเสมอค่อนข้างสูง โดยในพื้นที่ป่าธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 0.80 มากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วและพื้นที่สวนสมุนไพรมีค่าเท่ากัน คือ 0.79 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละพื้นที่ของสวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว มีความสม่ำเสมอหรือการกระจายของชนิดแมลงผิวดินค่อนข้างใกล้เคียงกัน

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีตามฤดูกาลในแต่ละพื้นที่ พบว่าในฤดูฝนมีค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่าฤดูแล้ง มีค่าเท่ากับ 4.66 และ 3.87 เมื่อนำค่าดัชนีมาเปรียบเทียบความแตกต่างในสองฤดูกาลในทุกพื้นที่ศึกษา พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) แสดงให้เห็นว่า ฤดูกาลมีผลต่อความหลากหลายของแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ สอดคล้องกับการศึกษาของ Seekhiew *et al.* (2020) ที่พบว่าในช่วงฤดูฝน ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดจะสูงกว่าฤดูแล้ง แสดงถึงมีปริมาณชนิดและจำนวนตัวที่แตกต่างกัน เนื่องจากแมลงบางกลุ่มต้องการถิ่นอาศัยที่มีความชื้นเพียงพอและเหมาะสมทั้งช่วงฤดูแล้งและฤดูฝน จึงทำให้พบแมลงแต่ละชนิดแตกต่างกัน (Sangnummon *et al.*, 2021) แสดงให้เห็นว่าความชื้นและการเปลี่ยนแปลงของฤดูกาลมีผลต่อการดำเนินกิจกรรม และการย้ายที่อยู่อาศัยของแมลงผิวดิน

จากการวิเคราะห์ค่าดัชนีความคล้ายคลึงในแต่ละพื้นที่ จัดได้ว่าอยู่ในระดับปานกลางมีค่าอยู่ระหว่าง 0.58 – 0.64 ซึ่งสังคมของแมลงผิวดินในพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วกับพื้นที่สวนสมุนไพร มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.64 คิดเป็นร้อยละ 63.72 รองมาคือ พื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วกับพื้นที่ป่าธรรมชาติ มีค่าเท่ากับ 0.63 คิดเป็นร้อยละ 62.76 และพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงน้อยที่สุด คือ พื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่สวนสมุนไพร มีค่าเท่ากับ 0.58 คิดเป็นร้อยละ 58.54 (Table 3) แมลงผิวดินที่พบทั้ง 3 พื้นที่ โดยชนิดที่พบมากที่สุด ได้แก่ มดไอ้ขึ้นธรรมดา (*Odontoponera denticulata*) รองลงมาเป็นมดง่ามทุ่ง (*Carebara diversa*) มดดอกแหลม (*Lophomyrmex* sp.1) แมลงหางคืด (*Isotomidae* unknow sp.2) และเหาเปลือกไม้ (*Ectopsocidae* unknown sp.1) ตามลำดับ เห็นได้ว่า ความคล้ายคลึงของแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ มีอยู่ในระดับปานกลาง อาจมาจากสิ่งปกคลุมผิวดิน และการปกคลุมของเรือนยอดในแต่ละพื้นที่ศึกษาส่งผลต่อความเหมาะสมในการหลบซ่อนตัว การอยู่อาศัยของแมลง ซึ่งในพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่ว และพื้นที่สวนสมุนไพรมีการปลูกพืชพื้นฟูมาเป็นเวลามากกว่า 20 ปี มีการเข้าไปใช้ประโยชน์และจัดการของเจ้าหน้าที่ จึงอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ค่าความคล้ายคลึงของแมลงทั้งสองพื้นที่จึงมีมากเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่าธรรมชาติ สอดคล้องกับ Seekhiew *et al.* (2020) พบว่า ป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ ซึ่งเป็นป่าธรรมชาติด้วยกัน จะมีแนวโน้มความคล้ายคลึงของแมลงผิวดินมากกว่าพื้นที่ป่าที่เริ่มทำการฟื้นฟูกับป่าธรรมชาติ ซึ่ง Zhao and Liu (2013) ได้รายงานว่าการปลูกเลียนแบบป่าธรรมชาตินั้นมีผลต่อความหลากหลายของโครงสร้างของสังคมแมลงและการใช้ประโยชน์ของแมลงเช่นกัน ดังนั้นพื้นที่ที่มีพืชปกคลุมดินเพิ่มมากขึ้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และการดำรงชีวิตของแมลงมากขึ้น (Wiwatwittaya, 1996) รวมถึงความหลากหลายทางชนิดและความมากมายของแมลงด้วย (Nichols *et al.*, 2007)

Table 3 Similarity index of insects identified in each area.

Area	Fabaceae planted area	Natural forest	Herb garden area
Fabaceae area	1	0.63	0.64
Natural forest		1	0.58
Herb garden area			1

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงผิวดินกับปัจจัยแวดล้อมบางประการ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดและจำนวนตัวของแมลงผิวดินกับปัจจัยแวดล้อมบางประการในแต่ละพื้นที่บริเวณสวนพฤกษศาสตร์วังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว จากค่าสหสัมพันธ์ Pearson Correlation พบว่าจำนวนชนิดและจำนวนตัวของแมลงผิวดินมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมปัจจัยเพียง 1 ปัจจัย คือ ความชื้นดินมีความสัมพันธ์กันในเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนปัจจัยแวดล้อมด้านอุณหภูมิดินและเศษซากพืชพบว่ามีสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทาง

สถิติ ($P > 0.05$) กับจำนวนชนิดและจำนวนตัว (Table 4) แสดงถึงความชื้นดินที่สูงขึ้นจะสัมพันธ์กับจำนวนชนิดและจำนวนตัวมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Wiwatwittaya (1996) ที่รายงานว่าแมลงบางกลุ่มต้องการถิ่นอาศัยที่มีความชื้นเพียงพอในช่วงฤดูแล้ง นอกจากด้านความชื้นทำให้แมลงผิวดินที่พบไม่แตกต่างกันมาก แมลงที่พบได้มากหรือสามารถครอบครองพื้นที่ได้ นั่นคือ แมลงเหล่านั้นสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ดี และเป็นแมลงในกลุ่มมดที่ดำรงชีวิตแบบสังคม (Jaitrong, 2011) สอดคล้องกับรายงานของ Andersen *et al.* (2002) ที่กล่าวว่าปัจจัยทางกายภาพ เช่น ความชื้นมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประชากรของแมลง

Table 4. Pearson correlation between species, individuals of ground dwelling insect and some soil factors in Wang Nam Yen Botanical, Sakaeo province.

Factors	Species	Individuals
Soil moisture	0.668**	0.71**
Soil temperature	0.071 ^{ns}	0.085 ^{ns}
Litter	-0.312 ^{ns}	-0.317 ^{ns}

Remark; ns = Non-significant ($p > 0.05$)

** = Significantly different ($p < 0.01$)

สรุป

ความหลากหลายของแมลงผิวดินในพื้นที่ศึกษา พบแมลงจำนวน 273 ชนิด 75 วงศ์ จาก 12 อันดับ ซึ่งแมลงในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดมากที่สุด 84 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 30.77 ของแมลงที่พบทั้งหมด ส่วนความมากมายของจำนวนตัวแมลงที่พบทั้งหมด พบอยู่ในอันดับ Hymenoptera คิดเป็นร้อยละ 47.92 จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน พบว่า พื้นที่ป่าธรรมชาติ มีค่าดัชนีความความหลากหลายชนิดของแมลงของพื้นที่หลากหลายและดัชนีความสม่ำเสมอมากที่สุด ส่วนค่าดัชนีความคล้ายคลึงพบว่า พื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วและพื้นที่สวนสมุนไพรมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด รองมาคือพื้นที่ปลูกไม้วงศ์ถั่วและพื้นที่ป่าธรรมชาติ และพื้นที่ที่มีความคล้ายคลึงน้อยที่สุด คือ พื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่สวนสมุนไพร เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ปัจจัยแวดล้อมในแต่ละ

พื้นที่ พบว่าฤดูกาลและปัจจัยแวดล้อมทางด้านความชื้นดินมีผลต่อจำนวนชนิดและจำนวนตัวที่พบของแมลงผิวดิน จะเห็นได้ว่าพื้นที่อาศัย สังคมพืชและชนิดพืชเป็นสิ่งที่สำคัญที่เป็นปัจจัยหลักในการสร้างเสริมปัจจัยแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะกลุ่มแมลงที่เป็นส่วนหนึ่งที่สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ได้

REFERENCES

- Academic Affair and Planning Bureau. 2017. **Utilization of On-Farm Forest by Farmers in the Northeast of Thailand.** Agricultural Land Reform Office, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Anderson, A.N. 1997. The ants as bioindicators of ecosystem restoration following mining: A functional group approach. In: Hale, P., Lamb, D.

- (Eds). **Convention Outside Nature Reserves**. Centre for Conservation Biology, The University of Queensland, pp. 319-325.
- Andersen, A.N., Hoffmann, B.D., Muller, W.J., Griffiths, A.D. 2002. Using ants as bioindicator in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, 39(1): 8-17.
- Culliney, T.W., 2013. Role of arthropods in maintaining soil fertility. **Agriculture**, 3(4): 629-659.
- Forest and Plant Conservation Research Office. 2016. **Methods of Studying Insect Biodiversity**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Gajasen, J. 1976. **An Ecological Study on Population, Biomass and Species Composition of Soil Fauna in Dry Evergreen Forest, Sakaerat, Nakhon Ratchasima**. M.S. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Hölldobler, B., Wilson, E.O. 1990. **The Ants**. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Jaitrong, W. 2011. **Key to the Ant Genera in Thailand**. Natural History Museum of the National Science Museum, Ministry of Science and Technology, Pathum Thani, Thailand. (in Thai)
- Jetanajit, J., Silasuleetham, P., Kampee, T. 1982. **Termite Soil of the Dry Evergreen Forest and the Dipterocarp Forest, Sakaerat**. Department of Microbiology Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Krebs, J.C. 1972. **Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Harper and Row Publishers, New York, USA.
- Ludwig, J.A., Reynolds, J.F. 1988. **Statistical Ecology**. John Wiley&Sons, New York Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Mound, L.A., Waloff, N. 1978. **Diversity of Insect Faunas**. Symposia of the Royal Entomological Society of London No. 9. Blackwell Scientific Publications, New York, USA-
- Marod, D., Kutintara, U. 2009. **Forest Ecology**. Aksorn Siam Printing, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A.L., Escobar, F., Favila, M., Vulinec, K. 2007. Global dung beetle response to tropical forest modification and fragmentation: A quantitative literature review and meta-analysis. **Biological Conservation**, 137(1): 1-19.
- Pannavalee, R., Wiwatwittaya, D., Suksard, S. 2016. Terrestrial ant communities' structure in Kasetsart University, Bangkok campus, Bangkok. **Thai Journal of Forestry**, 35(2): 1-10. (in Thai)
- Sangnummon, N., Tasen, W., Trisurat, Y. 2021. Environmental factors and community structure of ground-dwelling insects in different land uses, Pathum Thani province. **Thai Forest Ecological Research Journal**, 5(1): 79-90. (in Thai).
- Seekhiew, A., Tasen, W., TeejunTuk, S. 2020. Ground dwelling insect community in limestone mining rehabilitation area, Saraburi province. **Thai Journal of Forestry**, 31(1): 1-10. (in Thai)
- Senthong, D. 2003. **Ants Distribution Base on Air Quality Variation in Urban Community of Bangkok**. M.S. Thesis, Mahidol University, Nakhon Pathom, Thailand. (in Thai)
- Subinprasert, S. 2003. **Insect Biology**. Ramkhamhaeng University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Tasen, W. 2019. **Key Morphological Characters of Insect Orders: in Tropical Forests**. Forest Textbook Publishing Fund, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thani, N. 2014. **Diversity of Surface Insect Species and their Relationship with some Environmental Factors at Sakaerat Environmental Research Station**. Nakhon Ratchasima province, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- Wiwatwittaya, D. 1996. Diversity of soil insect at hill evergreen forest Doi Angkhang, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 15: 132-137. (in Thai)
- Zhao, H.L., Liu, R.T. 2013. The “bug island” effect of shrubs and its formation mechanism in Horqin Sand Land, Inner Mongolia. **Catena**, 105: 69-74.
-

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความหลากหลายและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นและไม้รุ่น
ในป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุดรดิตถ์

Species Diversity and Carbon Storage in Biomass of Tree and Sapling
in the Ban Nong Kwang Community Forest, Uttaradit Province

บุญสืบ เช่งบุญตัน^{1,2}Boonsueb Sengbuntan^{1,2}ปิยวัฒน์ ดิลกสัมพันธ^{1,*}Piyawat Diloksumpun^{1,*}สาพิศ ดิลกสัมพันธ¹Sapit Diloksumpun¹¹ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand² สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 3 (ลำปาง) อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000²Forest Resource Management Office No.3 (Lampang), Mueang District, Lampang Province 52000, Thailand

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

รับต้นฉบับ 13 มิถุนายน 2566

รับแก้ไข 28 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 4 สิงหาคม 2566

ABSTRACT

This study aimed to determine the plant community characteristics and biomass carbon storage of trees and saplings in an exploited area of Ban Nong Kwang Community Forest, Uttaradit Province, spread over an area of 804 rai. Ten sample plots of size 40 m x 40 m were randomly established in three zones according to the watershed classification area. All the trees and saplings were identified and measured for their diameter at breast height (DBH) and total height. The importance value index (IVI) was used to identify the dominant species. The biomass of trees and saplings was calculated using allometric equations, and the carbon storage in the biomass was estimated.

There were 75 tree species in 61 genera and 32 families found in the study area. Among these, the Rubiaceae family had the highest number of tree species (9 species), followed by Fabaceae (8 species), Dipterocarpaceae, Anacardiaceae, Malvaceae, and Bignoniaceae (5 species), while the other families had less than 5 species. Based on the IVI, *Xylia xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. var. *xylocarpa* was the most dominant tree species. The total tree density was between 122.5–177.8 trees/rai (765.63–1,111.25 trees/ha), and the Shannon-Wiener index of species diversity was between 2.54–2.97. The total biomass (aboveground and belowground) was estimated to be between 15.04–16.93 tons/rai (94.00–105.81 tons/ha), with there being no significant differences in biomass among the watershed classes ($p>0.05$). The carbon storage in biomass was between 7.07–7.96 tons/rai (41.19–49.75 tons/ha). The total carbon stock in the study area was estimated at 6,087.93 tons, accounting for 22,322.41 tonCO₂e. These results can be used as a baseline for developing the Thailand Voluntary Emission Reduction Program (T-VER).

Keywords: Ban Nong Kwang Community Forest; Biomass; Carbon storage; Plant community

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ลักษณะสังคมพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นและไม้ร่น ในพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ ณ ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุดรธานี ซึ่งมีพื้นที่ขนาด 804 ไร่ ทำการวางแผนตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาด 40 เมตร x 40 เมตร จำนวน 10 แปลง ให้กระจายครอบคลุมไปพื้นที่ทั้ง 3 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำตามสัดส่วนพื้นที่ทำการเก็บข้อมูลชนิดพรรณไม้ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (diameter at breast height: DBH) และความสูงทั้งหมดของไม้ต้นและไม้ร่น จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ ประเมินค่ามวลชีวภาพโดยใช้สมการแอลโลเมตรีและคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ต้นและไม้ร่น

ผลการศึกษา พบพรรณไม้ต้น (tree) ทั้งหมดจำนวน 75 ชนิด จาก 61 สกุล 32 วงศ์ โดยพบพรรณไม้ในวงศ์เข็ม (Rubiaceae) มีจำนวนชนิดมากที่สุดคือ 9 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 8 ชนิด วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) วงศ์ปอ (Malvaceae) และวงศ์แค (Bignoniaceae) จำนวนวงศ์ละ 5 ชนิด และพรรณไม้ในวงศ์อื่น ๆ จำนวนน้อยกว่าวงศ์ละ 5 ชนิด โดยมีแดง (*Xylocarpus xylocarpa* (Roxb.) W.Theob. var. *xylocarpa*) เป็นไม้เด่น มีค่าความหนาแน่นของไม้ต้นอยู่ระหว่าง 122.5–177.8 ต้น/ไร่ (765.63–1,111.25 ต้น/เฮกตาร์) ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener อยู่ระหว่าง 2.54 – 2.97 ปริมาณมวลชีวภาพรวม (เหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.04–16.93 ตัน/ไร่ (94.00–105.81 ตัน/เฮกตาร์) ปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวม (เหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.07–7.96 ตันคาร์บอน/ไร่ (41.19–49.75 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 6,087.93 ตันคาร์บอน คิดเป็น 22,322.41 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ผลการศึกษานี้สามารถใช้เป็นข้อมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของกรณีฐานในการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER)

คำสำคัญ: ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน สังคมพืช

คำนำ

ภาวะโลกร้อน (global warming) เป็นการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและความเป็นอยู่ของมนุษย์ในหลากหลายมิติ และนับวันยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้นเรื่อย ๆ สาเหตุหลักที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนคือการเพิ่มขึ้นของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas) โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในชั้นบรรยากาศซึ่งมีระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นับตั้งแต่หลังยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรม (Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, 2015) สถานการณ์ดังกล่าวก่อให้เกิดความพยายามของทั่วโลกในการแก้ไขปัญหา ทั้งจากสาเหตุ คือการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในภาคอุตสาหกรรม รวมถึงความพยายามในการจัดการการใช้ประโยชน์พื้นที่ เพื่อรักษาพื้นที่ป่าหรือการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้เพื่อให้เป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ด้วยการสร้างแรงจูงใจในรูปแบบต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมการลดก๊าซเรือน-

กระจกเพื่อซื้อขายคาร์บอนเครดิต (carbon credit) โดยในประเทศไทยได้มีการดำเนินโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจตามมาตรฐานของประเทศไทย (Thailand Voluntary Emission Reduction Program: T-VER) ซึ่งเป็นโครงการลดก๊าซเรือนกระจกเพื่อซื้อขายคาร์บอนเครดิตที่องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (อบก.) พัฒนาขึ้นเพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้ทุกภาคส่วน มีส่วนร่วมในการลดก๊าซเรือนกระจกในประเทศตามความสมัครใจ สามารถนำปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกหรือการเพิ่มการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกที่เกิดขึ้นไปขายในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจภายในประเทศได้ การเข้าร่วมโครงการ T-VER นั้น ต้องเป็นไปตามระเบียบวิธีการและมีลักษณะของกิจกรรมโครงการที่เข้าข่ายด้วย (TGO, 2015) นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมภายใต้โครงการสนับสนุนกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจก (Low Emission Support Scheme: LESS) เป็นการส่งเสริมการลดก๊าซเรือนกระจกด้วยการมอบใบประกาศเกียรติคุณ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาโครงการทั้ง T-VER และ LESS

จำเป็นต้องมีการเก็บข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับต้นไม้ในพื้นที่ป่าไม้ที่จะเข้าร่วมโครงการเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณกักเก็บคาร์บอนในกรณีฐาน (baseline)

พื้นที่ป่าไม่มีบทบาทต่อการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยที่ต้นไม้จะทำหน้าที่ในการตรึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศเข้าไปไว้ในมวลชีวภาพผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้คาร์บอนสามารถยึดอยู่กับเนื้อเยื่อและเนื้อไม้ และถูกกักเก็บไว้ในส่วนของลำต้น ราก กิ่ง และใบ ในรูปของมวลชีวภาพของต้นไม้แต่ละต้น โดยที่ปริมาณมวลชีวภาพและคาร์บอนที่ถูกกักไว้ในมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันในแต่ละชนิดของพรรณไม้ ดังนั้นความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละพื้นที่ป่าจึงแตกต่างกันไปตามชนิดพรรณไม้ ความหนาแน่น และลักษณะสังคมพืชในพื้นที่นั้น ๆ โดยมีการศึกษาพบว่าชนิดป่าในประเทศไทยที่มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุดคือป่าดงดิบมีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 42.8 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมาได้แก่ป่าเบญจพรรณ ป่าชายเลน ป่าสนและป่าเต็งรัง มีการกักเก็บคาร์บอน 27.6, 25.9, 18.1 และ 14.5 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ และเมื่อลักษณะสังคมพืชเกิดการเปลี่ยนแปลงก็ย่อมส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เกิดการเปลี่ยนแปลงด้วยเช่นกัน (Diloksumpun, 2007) เห็นได้ว่าการศึกษากักเก็บคาร์บอนของลักษณะสังคมพืชในพื้นที่ใช้ในการประเมินปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บได้จากการดำเนินกิจกรรมการลดก๊าซเรือนกระจก ซึ่งส่วนใหญ่ศึกษาทั้งในป่าธรรมชาติ ทั้งในรูปแบบพื้นที่ป่าอนุรักษ์ และป่าชุมชน

ปัจจุบันประเทศไทยมีป่าชุมชนจำนวน 11,327 ป่า ในพื้นที่รับผิดชอบ 13,028 หมู่บ้าน รวมพื้นที่ทั้งสิ้น 6,295,718 ไร่ (RFD, 2022) ซึ่งพื้นที่ป่าชุมชนส่วนใหญ่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ เป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มในการถูกเปลี่ยนแปลงสภาพป่าและควรมีมาตรการในการป้องกันการทำลายป่า ตลอดจนกิจกรรมในการลดความเสี่ยงของป่าซึ่งเป็นไปตามตามระเบียบวิธีการของ T-VER นอกจากนี้การบังคับใช้พระราชบัญญัติป่าชุมชน พ.ศ. 2562 ยังส่งผลให้ชุมชนและหน่วยงานรัฐสามารถร่วมกันบริหารจัดการป่าชุมชนได้เป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น โดยป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุดรธานี เป็นป่าชุมชนแห่งแรกของจังหวัดอุดรธานีที่ได้รับการอนุรักษ์ป่าโดยชุมชนด้วยความเข้มแข็ง มีสภาพป่าเป็นป่าเบญจพรรณที่มีความอุดมสมบูรณ์ด้วยพรรณไม้หลากหลายชนิด

อันเกิดจากความร่วมมือร่วมใจของประชาชนในการป้องกันการตัดไม้ทำลายป่า (RFD, 2018) ทั้งนี้การศึกษาความหลากหลายและการกักเก็บคาร์บอนของไม้ต้นของป่าชุมชนบ้านหนองกวางเป็นข้อมูลที่ชุมชนมีความต้องการเพื่อใช้ในการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนและตามวัตถุประสงค์ของชุมชน นอกจากนี้ยังสามารถใช้ข้อมูลปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้เป็นกรณีฐาน (baseline) ประกอบการเข้าร่วมโครงการ T-VER ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าชุมชนบ้านหนองกวาง ตำบลนายาง อำเภอพิชัย จังหวัดอุดรธานี เนื้อที่ 2,010 ไร่ อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ปานาอิน-นายาง ลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่ราบเนินเชิงเขา มีสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ ลักษณะอากาศร้อนชื้นสลับร้อนแห้งแล้ง ปริมาณน้ำฝนสะสมรายปีเท่ากับ 1410.3 มิลลิเมตร สะสมสูงสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 263.5 มิลลิเมตร ลักษณะดินเป็นดินทราย ดินร่วนปนทรายและหิน พบพืชพรรณไม้หายากชนิด พันธุ์ไม้ที่พบเห็นในป่า ได้แก่ แดง (*Xylocarpus xylocarpa* (Roxb.) W. Theob. var. *xylocarpa*) ยอป่า (*Morinda coreia*) มะกอก (*Spondias mombin*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เที ยง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) ยมหิน (*Chukrasia valutin* (M. Roem) C. DC.) เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Shorea siamensis*) ไม้ (*Bambusa* sp.) พื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. พื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์ มีเนื้อที่ 1,206 ไร่ เป็นพื้นที่สำหรับการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ ห้ามมิให้มีการบุกรุก เข้าถึงหรือใช้ประโยชน์ใด ๆ ทั้งสิ้น พื้นที่นี้มีได้เป็นพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้
2. พื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ มีเนื้อที่ 804 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่สำหรับการศึกษาครั้งนี้ เป็นบริเวณที่ชาวบ้านสามารถเข้าใช้ประโยชน์ เช่น เป็นแหล่งไม้ใช้สอย แหล่งอาหารและสมุนไพร โดยห้ามตัดต้นไม้ พื้นที่ดังกล่าวมีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล 70–230 เมตร และเป็นพื้นที่อยู่ติดกับเส้นทางสัญจรและพื้นที่หมู่บ้าน มีการทำปศุสัตว์และมีร่องรอยไฟป่าในบางพื้นที่ (RFD, 2018) เป็นพื้นที่ที่มีแนวโน้มมีการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า จึงเป็นไปตามระเบียบวิธีการ REDD+ ระดับโครงการหรือของโครงการ T-VER P-REDD+ ซึ่งเป็นการลดการปล่อย

ก๊าซเรือนกระจกและการเพิ่มพูนการกักเก็บคาร์บอนจากพื้นที่ป่า โดยมีมาตรการในการป้องกันการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบอื่น และ/หรือมีกิจกรรมในการลดความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่า และ/หรือ มีกิจกรรมในการเพิ่มพูนคาร์บอนในพื้นที่ป่า สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการศึกษาในครั้งนี้ (TGO, 2016)

การวางแผนสำรวจ

วางแผนตัวอย่างสำรวจตามแนวทางโครงการลดก๊าซเรือนกระจกภาคสมัครใจ (T-VER) กำหนดให้พื้นที่สำหรับวางแผนตัวอย่างเก็บข้อมูลเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนอย่างน้อยร้อยละ 1 ของพื้นที่ดำเนินโครงการ (TGO, 2016)

โดยมีการจำแนกชั้นภูมิ (stratification) และแบ่งพื้นที่ออกเป็น 3 ส่วน ตามชั้นคุณภาพลุ่มน้ำอันเนื่องมาจากพื้นที่แต่ละชั้นคุณภาพลุ่มน้ำมีความแตกต่างกันในด้านลักษณะภูมิประเทศ ระดับความลาดชันและพืชพรรณ และในพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้มีพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำจำนวน 3 ชั้นได้แก่ ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2 มีพื้นที่ 145.56 ไร่ วางแปลงตัวอย่างจำนวน 2 แปลง ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 มีพื้นที่ 104.71 ไร่ วางแปลงตัวอย่างจำนวน 2 แปลง และชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 มีพื้นที่ 553.73 ไร่ วางแปลงตัวอย่างจำนวน 6 แปลง รวมแปลงตัวอย่างทั้งสิ้น จำนวน 10 แปลง คิดเป็นร้อยละ 1.24 ของพื้นที่ทั้งหมด สุ่มพิกัดมุมล่างซ้ายของแปลงตัวอย่างให้กระจายไปทั่วในแต่ละชั้น (Table 1)

Table 1 Area size, average slope, and location of sampling plots in different zones and their respective watershed classes.

Zone	Watershed Classification	Average slope (%)	Area (Rai)	Plot number	Coordinate	
					X	Y
1	2 nd	40	145.56	1	630599	1921949
				2	630062	1920993
2	3 rd	25	104.71	3	630891	1922490
				4	630412	1921300
3	5 th	6	553.73	5	629843	1920544
				6	629616	1920248
				7	629056	1919880
				8	628564	1919381
				9	627926	1919179
				10	627319	1918914

จากนั้นวางแผนตัวอย่างชั่วคราว แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 40 เมตร x 40 เมตร ตามพิกัดแปลงที่สุ่มได้ (Figure 1) โดยภายในแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตรแต่ละแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 16

แปลง แล้วจึงวางแผนย่อยขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ที่มุมล่างด้านซ้ายของแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ที่อยู่ในตำแหน่งทแยงมุม จากด้านล่างซ้ายไปด้านขวาบนของแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร (Figure 1)

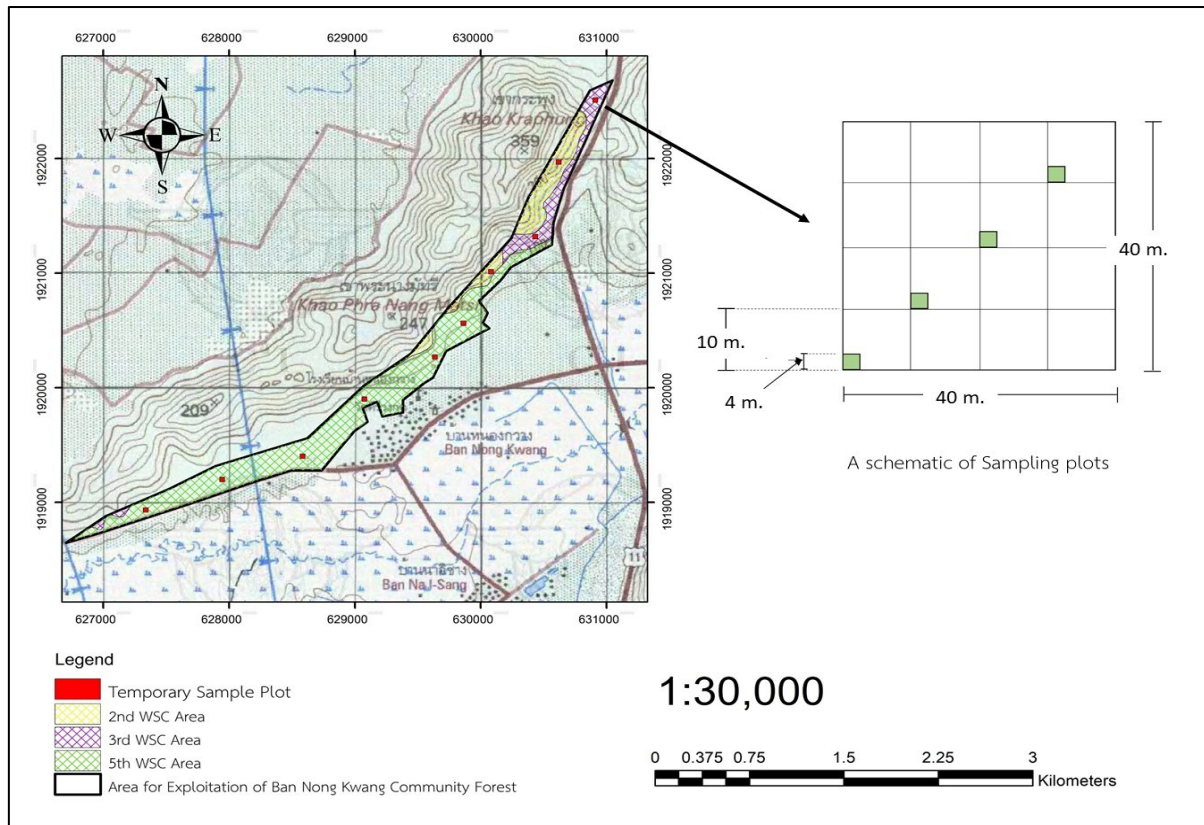


Figure 1 Study area and sampling plots at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

การเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่าง

1. ภายในแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร เก็บรวบรวมข้อมูลของไม้ต้น (tree) คือต้นไม้ที่มีขนาด DBH ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปทุกต้น ระบุชนิด ตามรูปแบบของสำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช วัดขนาด DBH ด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลาง (diameter tape) และวัดความสูงของต้นไม้ด้วย เครื่องวัดความสูงของต้นไม้ (haga altimeter) พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบบันทึกข้อมูล

2. ภายในแปลงขนาด 4 เมตร x 4 เมตร เก็บรวบรวมข้อมูลของไม้รุ่น (sapling) คือต้นไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ทุกต้น โดยระบุชนิดพรรณไม้ ทำการวัดขนาด DBH ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (vernier caliper) และวัดความสูงของต้นไม้ด้วยเทปวัดระยะ พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในแบบบันทึกข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์สังคมพืช ศึกษาลักษณะสังคมพืชในเชิงปริมาณโดยนำข้อมูลที่ได้ออกจากการเก็บข้อมูลในแปลงตัวอย่างมา

คำนวณค่าความหนาแน่น (density: D) หมายถึง จำนวนพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดต่อหน่วยพื้นที่ ความถี่ (frequency: F) หมายถึง ค่าความบ่อยครั้งของชนิดพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดที่พบในแปลงตัวอย่าง ความเด่น (dominance: Do) หมายถึง ความมีอิทธิพลของพรรณพืชชนิดหนึ่งชนิดใดในสังคมพืชนั้น ๆ คำนวณได้โดยใช้พื้นที่หน้าตัด (basal area) ของพรรณพืชชนิดหนึ่งต่อหน่วยพื้นที่แปลงตัวอย่างทั้งหมด (Kutintara, 1999) จากนั้นนำค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density: RD) ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency: RF) และ ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance: RD₀) ที่ได้มาคำนวณค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ (importance value index: IVI) ในพื้นที่ศึกษา ซึ่งแสดงถึงการแสดงออก (performance) ในด้านต่าง ๆ ของพรรณไม้แต่ละชนิดที่เป็นสมาชิกในสังคมพืช โดยสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$IVI = RD + RF + RD_0$$

โดยที่ RD = ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density)
RF = ค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency)
RD₀ = ค่าความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance)

คำนวณค่าดัชนีความหลากหลาย ของ Shannon and Wiener (1949) ดังนี้

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

โดยที่ H' = ค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener's index

P_i = สัดส่วนของจำนวนต้นไม้ชนิดที่ i เมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนต้นไม้รวมทั้งหมด

โดย

$$P_i = \frac{n_i}{N}$$

เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, s$ และ N = จำนวนต้นไม้รวมทั้งหมด

s = จำนวนชนิดที่พบในสังคม

2. การประมาณค่ามวลชีวภาพของไม้ต้นประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น จากการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงของไม้ต้น ลงในสมการแอลโลเมตรีของ Ogawa *et al.* (1965) ที่เหมาะสมต่อการประเมินมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณในประเทศไทย และเป็นไปตามแนวทางการคำนวณการกักเก็บคาร์บอนของโครงการ T- VER (TGO, 2016) โดยมีสมการดังนี้

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

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

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

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

จากนั้นประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้รุ่นจากการแทนค่าเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอกและความสูงของไม้ต้นในสมการแอลโลเมตรีของ Issaree (1982) โดยมีสมการดังนี้

$$W_S = 0.0893059(D^2H)^{0.66513}$$

$$W_B = 0.0153063(D^2H)^{0.58255}$$

$$W_L = 0.0000140(D^2H)^{0.44363}$$

$$W_T = W_S + W_B + W_L$$

โดยที่ W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด (กิโลกรัม)

W_S = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นลำต้น (กิโลกรัม)

W_B = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินในส่วนที่เป็นใบ (กิโลกรัม)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H = ความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

ประมาณค่ามวลชีวภาพใต้พื้นดิน โดยใช้อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้พื้นดินที่เหมาะสมต่อป่าเขตร้อน (tropical dry forest) ตามที่ IPCC (2006) กำหนดเท่ากับ 0.28

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์

3. การคำนวณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ นำค่าปริมาณมวลชีวภาพที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยค่าสัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าเท่ากับร้อยละ 47 (IPCC, 2006) นำปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ได้ (ตันคาร์บอน) มาปรับหน่วยให้เป็นตันคาร์บอนไดออกไซด์ด้วยการคูณด้วย 44/12 (TGO, 2021)

ผลและวิจารณ์

องค์ประกอบของสังคมพืช

จากการศึกษาพบพรรณไม้ยืนต้นในแปลงตัวอย่างจำนวน 75 ชนิด จาก 61 สกุล 32 วงศ์ จำนวนทั้งสิ้น 1,636 ต้น โดยพบพรรณไม้ในวงศ์เข็ม (Rubiaceae) มีจำนวนชนิดของพรรณไม้มากที่สุดคือ 9 ชนิด รองลงมาได้แก่วงศ์ถั่ว (Fabaceae) จำนวน 8 ชนิด วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) วงศ์ปอ (Malvaceae) และวงศ์แค (Bignoniaceae) จำนวนวงศ์ละ 5 ชนิด และพรรณไม้ในวงศ์อื่น ๆ จำนวนน้อยกว่าวงศ์ละ 5 ชนิด

ในพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2) พบไม้ต้น 34 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ยหรือจำนวนไม้ต้นที่พบต่อหน่วยพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 163.50 ต้นต่อไร่ โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.54 (Table 2) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุดคือ ยมหิน ร้อยละ 33.03 รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า และ แดง มีความหนาแน่นเฉลี่ยสัมพัทธ์ร้อยละ 12.54 และ 10.09 โดยชนิดดังกล่าวมีความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 16.57, 10.65 และ 9.74 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มสอดคล้องกับ

ความเด่นสัมพัทธ์คือร้อยละ 31.67, 10.34 และ 3.50 ตามลำดับ ในส่วนค่า IVI ซึ่งเป็นการรวมค่าสัมพัทธ์ของความหนาแน่น ความถี่และความเด่นของพรรณไม้แต่ละชนิดพบว่า ชนิดที่มีค่า IVI มากที่สุดคือ ยมหิน มีค่า IVI เท่ากับ 81.27 รองลงมาได้แก่ ประดู่ป่า แดง เก็ดดำ (*Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.) และแซ้งกวาง (*Wendlandia tinctoria* (Roxb.) DC.) มีค่า IVI เท่ากับ 33.53, 23.05, 16.99 และ 16.98 ตามลำดับ (Table 3)

พื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3) พบไม้ต้น 38 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 122.5 ต้นต่อไร่ และมีค่าดัชนีความหลากหลายในพื้นที่นี้เท่ากับ 2.97 (Table 2) ชนิดที่มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุดคือ เหียง ร้อยละ 22.45 รองลงมาได้แก่ แดง และ กาสามปึก (*Vitex peduncularis* Wall. ex Schauer) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 14.29 และ 6.53 ตามลำดับ โดยชนิดดังกล่าวมีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 9.62, 10.26 และ 7.05 ตามลำดับ และมีค่าความเด่นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 15.97, 29.88 และ 3.31 ตามลำดับ ในส่วนค่า IVI พบว่าชนิดที่มีค่า IVI มากที่สุด คือ แดง มีค่า IVI เท่ากับ 54.42 รองลงมาได้แก่ เหียง กาสามปึก ประดู่ป่า และยมหิน มีค่า IVI เท่ากับ 48.04, 16.89, 14.81 และ 13.30 ตามลำดับ (Table 3) เห็นได้ว่า เหียง มีค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์มากที่สุด แต่มีค่าความถี่สัมพัทธ์และความเด่นสัมพัทธ์น้อยกว่า บ่งบอกว่ามีการกระจายน้อยกว่าและมีขนาดต้นเล็กกว่า แดง ส่งผลให้ แดง มีค่า IVI สูงที่สุดในพื้นที่นี้

พื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) พบไม้ต้น 48 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ย 177.8 ต้นต่อไร่ และมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.66 (Table 2) ชนิดที่มีความหนาแน่น

สัมพัทธ์มากที่สุดคือ แดง ร้อยละ 22.96 รองลงมาได้แก่ เหียง และ มะพอก (*Parinari anamensis* Hance) มีความหนาแน่นสัมพัทธ์ร้อยละ 13.96 และ 13.40 ตามลำดับ และมีค่าความถี่สัมพัทธ์เท่ากับร้อยละเท่ากับ 15.32, 10.14 และ 10.97 ตามลำดับ โดยมีค่าความเด่นสัมพัทธ์เท่ากับร้อยละ 22.40, 15.50 และ 13.37 ตามลำดับเช่นกัน ในส่วนค่า IVI พบว่าในพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5 ชนิดที่มีค่า IVI มากที่สุด คือ แดง มีค่า IVI เท่ากับ 60.69 รองลงมาได้แก่ เหียง มะพอก พลวง และ มะม่วงหาวแมงวัน (*Buchanania lanzan* Spreng.) มีค่า IVI เท่ากับ 39.61, 37.75, 22.69 และ 19.96 ตามลำดับ (Table 3)

เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นของไม้ต้นในพื้นที่แต่ละพื้นที่จะพบว่า พื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) มีไม้ต้นหนาแน่นมากที่สุด คือ 177.8 ต้นต่อไร่ อันเนื่องมาจากลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบ ชันดินเป็นดินร่วนปนทรายและดินทราย ส่งผลให้ต้นไม้สามารถตั้งตัวได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่โซนที่ 1 ซึ่งมีความลาดชันสูงและมีหินปกคลุมพื้นที่ ในขณะที่พื้นที่โซนที่ 2 นั้นมีไผ่ขึ้นปกคลุมจำนวนมาก ส่งผลให้พื้นที่นี้มีความหนาแน่นของไม้ต้นน้อยที่สุดคือ 122.5 ต้นต่อไร่ และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายของพรรณไม้จะพบว่า พื้นที่ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายมากที่สุดเท่ากับ 2.97 คือพื้นที่โซนที่ 2 เนื่องจากลักษณะพื้นที่และการใช้ประโยชน์อยู่ระหว่างพื้นที่โซนที่ 1 ซึ่งเป็นป่าเบญจพรรณ ตั้งอยู่บนที่ลาดชันและไม่ถูกรบกวนจากการใช้ประโยชน์พื้นที่ และพื้นที่โซนที่ 3 ซึ่งถูกรบกวนมากเกินไปเนื่องจากการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อปล่อยเลี้ยงปศุสัตว์ตลอดทั้งปี ตลอดจนการเก็บหาของป่าในช่วงฤดูฝนและการเกิดไฟป่าในฤดูแล้ง

Table 2 Density and diversity index of trees and saplings in each watershed class (WSC).

Zone	WSC	Number of Species		Density/Rai		Diversity Index	
		Tree	Sapling	Tree	Sapling	Tree	Sapling
1	2 nd	34	4	163.5	100.0	2.54	1.26
2	3 rd	38	1	122.5	12.5	2.97	0.00
3	5 th	48	13	177.8	208.3	2.66	2.05

Table 3 Top five tree species based on relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo), and importance value index (IVI) located in the exploited area at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

Rank	Scientific name	Local name	Family	RD (%)	RF (%)	RDo (%)	IVI
Zone 1. the 2nd Watershed Classification							
1	<i>Chukrasia valutin</i> (M. Roem) C. DC.	ยมหิน	MELIACEAE	33.03	16.57	31.67	81.27
2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	ประดู่ป่า	FABACEAE	12.54	10.65	10.34	33.53
3	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob. var. <i>xylocarpa</i>	แดง	FABACEAE	10.09	9.47	3.50	23.05
4	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	เก็ดดำ	FABACEAE	5.81	5.92	5.26	16.99
5	<i>Wendlandia tinctoria</i> (Roxb.) DC.	แซ้งกวาง	RUBIACEAE	4.28	5.92	6.78	16.98
Zone 2. the 3rd Watershed Classification							
1	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob. var. <i>xylocarpa</i>	แดง	FABACEAE	14.29	10.26	29.88	54.42
2	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	เหียง	DIPTEROCARPACEAE	22.45	9.62	15.97	48.04
3	<i>Vitex peduncularis</i> Wall. ex Schauer	กาสามปีก	LAMIACEAE	6.53	7.05	3.31	16.89
4	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	ประดู่ป่า	FABACEAE	2.45	4.49	7.88	14.81
5	<i>Chukrasia valutin</i> (M. Roem) C. DC.	ยมหิน	MELIACEAE	3.67	4.49	5.14	13.30
Zone 3. the 5th Watershed Classification							
1	<i>Xylia xylocarpa</i> (Roxb.) W. Theob. var. <i>xylocarpa</i>	แดง	FABACEAE	22.96	15.32	22.40	60.69
2	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i> Teijsm. ex Miq.	เหียง	DIPTEROCARPACEAE	13.96	10.14	15.50	39.61
3	<i>Parinari anamensis</i> Hance	มะพอก	CHRYSOBALANACEAE	13.40	10.97	13.37	37.75
4	<i>Dipterocarpus tuberculatus</i> Roxb.	พลวง	DIPTEROCARPACEAE	8.06	4.97	9.66	22.69
5	<i>Buchanania lanzan</i> Spreng.	มะม่วงหัวแมงวัน	ANACARDIACEAE	6.94	8.28	4.74	19.96

สำหรับไม้ร่วนในพื้นที่ศึกษาพบว่าในพื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) พบไม้ร่วนจำนวน 13 ชนิด มีความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ร่วนสูงที่สุด จำนวน 208.33 ต้นต่อไร่ (Table 2) โดยมีค่าดัชนีความหลากหลายของพรรณไม้ในพื้นที่นี้เท่ากับ 2.05 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้นในพื้นที่เดียวกัน และชนิดที่มีค่า IVI สูงที่สุดคือ กระทุ้มเนิน (*Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze) มีค่า IVI เท่ากับ 64.24 รองลงมาได้แก่ คำรอก (*Ellipanthus tomentosus* Kurz) เป้าแพะ (*Croton hutchinsonianus* Hosseus) มะดูก (*Siphonodon celastrius* Griff.) และ เหมีดจี่ (*Memecylon scutellatum* (Lour.) Hook. & Arn. var. *scutellatum*) มีค่า

IVI เท่ากับ 61.80, 44.22, 31.49 และ 22.87 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อผ่านกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติแล้ว นอกจากความหลากหลายที่ลดลงแล้ว ไม้ต้นและไม้ร่วนมีชนิดไม้เด่นไม่สอดคล้องกัน เนื่องจากไม้เด่นมีชั้นอายุใกล้เคียงกันและมีการปกคลุมเรือนยอดเต็มพื้นที่ ส่งผลให้ลูกหลานไม่สามารถเติบโตทดแทนสมาชิกในสังคมได้ โดยเมื่อพิจารณาจากสภาพพื้นที่ พบว่ามีการใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อปล่อยเลี้ยงปศุสัตว์ตลอดทั้งปีและพบร่องรอยการเกิดไฟป่าซึ่งส่งผลกระทบต่อการรอดตายของลูกไม้และไม้ร่วนตลอดจนการทดแทนสังคมพืชในพื้นที่ เช่นเดียวกันกับผลการศึกษาในพื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3) พบไม้ร่วนเพียงชนิดเดียว คือ ปอแก่นเทา

(*Grewia eriocarpa* Juss.) มีความหนาแน่นเฉลี่ย 12.50 ต้น/ไร่ ซึ่งมีค่าน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นที่ศึกษาในที่นี้ แสดงให้เห็นถึงการทดแทนของสังคมไม้ต้นที่ไม่ประสบความสำเร็จอันเนื่องมาจากปัจจัยต่าง ๆ แตกต่างจากพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2) ซึ่งมีขนาดและจำนวนแปลงตัวอย่างเท่ากับพื้นที่โซนที่ 2 พบไม้รุ่นจำนวน 4 ชนิด โดยมีไม้เด่นคือ ยมหิน, เก็ดดำ (*Dalbergia cultrata* Graham ex Benth.) ประดู่ป่า และ กระทุ่มเนิน มีค่า IVI เท่ากับ 105.10, 75.35, 61.96 และ 57.59 ตามลำดับ (Table 4) โดยมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย

เท่ากับ 100 ต้นต่อไร่ ซึ่งเห็นได้ว่าชนิดไม้รุ่นดังกล่าวสอดคล้องกับชนิดของไม้ต้นที่เป็นไม้เด่นแสดงให้เห็นว่าไม้เด่นในพื้นที่มีการทดแทนที่ดี แต่เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากหลายพบว่า มีค่าเท่ากับ 1.26 ซึ่งน้อยกว่าไม้ต้นในพื้นที่เดียวกันมาก (Table 2) แสดงถึงความหลากหลายที่จะลดลงอย่างมากเมื่อผ่านกระบวนการทดแทน แต่ไม้เด่นจะยังคงรักษาความสามารถในการปกคลุมพื้นที่ไว้ได้ อันเนื่องมาจากพื้นที่ดังกล่าวมีลักษณะสูงชันและอยู่ห่างจากเส้นทางสัญจร จึงไม่มีการรบกวนพื้นที่จากการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยมนุษย์ดังเช่นพื้นที่อื่น ๆ

Table 4 Top five sapling species based on relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo), and importance value index (IVI) located in the exploited area at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

Rank	Scientific name	Local name	Family	RD (%)	RF (%)	RDo (%)	IVI
Zone 1. the 2nd Watershed Classification*							
1	<i>Chukrasia valutina</i> (M. Roem) C. DC.	ยมหิน	MELIACEAE	37.50	40.00	27.60	105.10
2	<i>Dalbergia cultrata</i> Graham ex Benth.	เก็ดดำ	FABACEAE	37.50	20.00	17.85	75.35
3	<i>Pterocarpus macrocarpus</i> Kurz	ประดู่ป่า	FABACEAE	12.50	20.00	29.46	61.96
4	<i>Mitragyna rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	กระทุ่มเนิน	RUBIACEAE	12.50	20.00	25.09	57.59
Zone 2. the 3rd Watershed Classification**							
1	<i>Grewia eriocarpa</i> Juss.	ปอแก่นเทา	FABACEAE	100.00	100.00	100.00	300.00
Zone 3. the 5th Watershed Classification							
1	<i>Mitragyna rotundifolia</i> (Roxb.) Kuntze	กระทุ่มเนิน	RUBIACEAE	28.00	18.18	18.06	64.24
2	<i>Ellipanthus tomentosus</i> Kurz	คำรอก	CONNARACEAE	24.00	18.18	19.62	61.80
3	<i>Croton hutchinsonianus</i> Hosseus 162	เปล้าพะพะ	EUPHORBIACEAE	16.00	13.64	14.58	44.22
4	<i>Siphonodon celastrius</i> Griff.	มะตุ๊ก	CELASTRACEAE	6.00	4.55	20.95	31.49
5	<i>Memecylon Scutellatum</i> (Lour.) Hook. & Arn. Var.	เหมือดจี้	MELASTOMATAACEAE	4.00	4.55	14.32	22.87
Remarks: * 4 species found ** only 1 species found							

มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ผลการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพดังแสดง Table 5 พบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยสูงที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 2) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยรวม 16.93 ± 4.66 ต้นต่อไร่ รองลงมาคือ พื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยเท่ากับ 16.37 ± 3.57 ต้นต่อไร่ โดยพื้นที่ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยน้อยที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3) มีปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย

เท่ากับ 15.04 ± 8.03 ต้นต่อไร่ โดยเมื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละโซนที่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้จะพบว่ามีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แสดงให้เห็นถึงผลของการจัดการป่าชุมชน ถึงแม้จะมีการใช้ประโยชน์พื้นที่ต่างกันในแต่ละโซนของพื้นที่ศึกษา แต่การที่ป่าชุมชนได้มีกฎในการห้ามตัดต้นไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนเด็ดขาด ส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพในพื้นที่โซนต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยในพื้นที่แต่ละโซน มีค่าอยู่ระหว่าง $11.75 \pm 6.28 - 13.22 \pm 3.64$ ต้นต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีสังคมพืชคล้ายกันที่ผ่านมาพบว่า มีค่ามากกว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่ และป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน จังหวัดเพชรบุรี โดยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 7.94 และ 10.96 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ อันเนื่องมาจากพื้นที่ป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์มีการเกิดไฟป่า (Boonrodklab and Teejuntuk, 2008) และพื้นที่ป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานที่ศึกษามีชุมชนตั้งอยู่ใกล้ มีการใช้ประโยชน์จากไม้ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (Nuanurai, 2005) ส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในพื้นที่ดังกล่าวน้อยกว่าพื้นที่ศึกษาในครั้งนี้นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าในพื้นที่ป่าเบญจพรรณในป่าแม่หวด จังหวัดลำปาง ที่มีค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 14.08 ต้นต่อไร่ (Charoenniyom, 1989) และป่าเบญจพรรณบริเวณวนอุทยานน้ำตกขุนกรณ์ จังหวัดเชียงราย ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 31.72 ต้นต่อไร่ (Nukool, 2002)

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณมวลชีวภาพรวมในพื้นที่แต่ละโซน พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง $5.52 \pm 2.95 - 6.22 \pm 1.71$ ตันคาร์บอนต่อไร่ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนใต้พื้นดินเฉลี่ยมีค่าอยู่ระหว่าง $1.55 \pm 0.83 - 1.74 \pm 0.48$ ตันคาร์บอนต่อไร่ รวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมีค่าอยู่ระหว่าง $7.07 \pm 3.78 - 7.96 \pm 2.19$ ตันคาร์บอนต่อไร่ (Table 5) ซึ่งถือว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ

พื้นที่ป่าประเภทเดียวกันบริเวณอื่นในภูมิภาคเดียวกัน เช่น ป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ และป่าเบญจพรรณในบริเวณเขื่อนสิริกิติ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนกักเก็บในไม้ต้น เท่ากับ 12.85 และ 16.87 ต้นต่อไร่ตามลำดับ (Khamyong, 2009) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าชุมชนพื้นที่อื่น ๆ พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยมากกว่าป่าชุมชนบ้านโค้งตาบง จังหวัดเพชรบุรี ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ตันคาร์บอนต่อไร่ (TGO, 2015) และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยน้อยกว่าป่าชุมชนบ้านเขาวง จังหวัดชัยภูมิ ซึ่งมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยในพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์เท่ากับ 14.37 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Ounkerd *et al.*, 2015)

พื้นที่ศึกษาในครั้งนี้มีขนาด 804 ไร่ เป็นพื้นที่ในโซนที่ 1 จำนวน 145.56 ไร่ พื้นที่ดังกล่าวมีการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 7.96 ตันคาร์บอนต่อไร่ จึงมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 1,158.66 ตันคาร์บอน พื้นที่ในโซนที่ 2 จำนวน 104.71 ไร่ พื้นที่นี้มีการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 7.07 ตันคาร์บอนต่อไร่ จึงมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 740.30 ตันคาร์บอน ในส่วนของพื้นที่โซนที่ 3 จำนวน 553.73 ไร่ เป็นพื้นที่ที่ไม่สามารถให้ต้นไม้เติบโตได้เนื่องจากการใช้ประโยชน์พื้นที่เป็นแนวทางผ่านสายส่งกระแสไฟฟ้าแรงสูง จึงมิได้นำมาคำนวณหาปริมาณคาร์บอนในพื้นที่จำนวน 9 ไร่ คงเหลือพื้นที่ 544.73 ไร่ โดยพื้นที่นี้มีการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 7.69 ตันคาร์บอนต่อไร่ จึงมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเท่ากับ 4,188.97 ตันคาร์บอน รวมปริมาณคาร์บอนในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดเท่ากับ 6,087.93 ตันคาร์บอน หรือ 22,322.41 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า

Table 5 Biomass and carbon storage of trees and saplings in the exploited area at the Ban Nong Kwang community forest, Uttaradit province.

Zone	Watershed Classification	Plot Number	Biomass (ton/Rai)			Carbon stock (ton/Rai)		
			Aboveground	Belowground	Total	Aboveground	Belowground	Total
1	2nd	1	10.65	2.98	13.63	5.01	1.40	6.41
		2	15.80	4.42	20.22	7.43	2.08	9.50
		Mean±SD	13.22±3.64	3.7±1.02	16.93±4.66	6.22±1.71	1.74±0.48	7.96±2.19
2	3rd	3	7.31	2.05	9.36	3.44	0.96	4.40
		4	16.19	4.53	20.72	7.61	2.13	9.74
		Mean±SD	11.75±6.28	3.29±1.76	15.04±8.03	5.52±2.95	1.55±0.83	7.07±3.78
3	5th	5	11.41	3.20	14.61	5.36	1.50	6.87
		6	9.77	2.73	12.50	4.59	1.29	5.88
		7	10.14	2.84	12.99	4.77	1.34	6.10
		8	16.84	4.72	21.56	7.92	2.22	10.13
		9	14.17	3.97	18.14	6.66	1.87	8.53
		10	14.40	4.03	18.43	6.77	1.89	8.66
		Mean±SD	12.79±2.79	3.58±0.78	16.37±3.57	6.01±1.31	1.68±0.37	7.69±1.68

Remark: A unit of land area 1 ha = 6.25 rai

สรุป

พื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์ ในป่าชุมชนบ้านหนองกวาง จังหวัดอุดรธานี ลักษณะสังคมพืชเป็นป่าเบญจพรรณ มีพรรณไม้ป่าเต็งรังขึ้นปะปนในบางส่วนของพื้นที่ พบพรรณไม้ยืนต้น (tree) จำนวน 75 ชนิด จาก 61 สกุล 32 วงศ์ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของไม้ต้นเฉลี่ยมากที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 5) เท่ากับ 177.8 ต้นต่อไร่ มีไม้เด่นคือแดง, เหียง และมะปอก รองลงมาได้แก่พื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2) มีความหนาแน่นของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 163.5 ต้นต่อไร่ มีไม้เด่นคือ ยมหิน, ประดู่ป่าและแดง โดยพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของไม้ต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือพื้นที่โซนที่ 2 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 3) เท่ากับ 122.5 ต้นต่อไร่ ตามลำดับ มีไม้เด่นคือ แดง เหียงและกาสามปึก มีค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพของ Shannon – Wiener ในพื้นที่แต่ละโซนอยู่ระหว่าง 2.54 – 2.97

ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา มีค่าเท่ากับ 15.04 ± 8.03 – 16.93 ± 4.66 ต้นต่อไร่ โดยพื้นที่โซนที่ 1 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2) มีปริมาณมวลชีวภาพต่อไร่สูงที่สุด โดยปริมาณมวลชีวภาพในแต่ละโซนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 5.52 ± 2.95 – 6.22 ± 1.71 ตันคาร์บอนต่อไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้พื้นดินเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 ± 0.83 – 1.74 ± 0.48 ตันคาร์บอนต่อไร่ รวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 7.07 ± 3.78 – 7.96 ± 2.19 ตันคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำชั้นที่ 2 มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนต่อไร่สูงที่สุดเช่นกัน

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งหมดเท่ากับ 6,087.93 ตันคาร์บอน คิดเป็น 22,322.41 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ข้อมูลนี้สามารถใช้เป็นค่าการกักเก็บคาร์บอนของกรณีฐานในการดำเนินโครงการ T-VER

ป่าชุมชนบ้านหนองกวางสามารถเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนด้วยการปลูกฟื้นฟูป่าในบริเวณที่มีการทดแทนตามธรรมชาติได้ไม่ดี ได้แก่พื้นที่โซนที่ 2 และ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 3 และ 5) และมีการจัดการไฟ

ป่าในพื้นที่โซนที่ 3 (ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 5) ซึ่งมีความเสี่ยงอันเนื่องมาจากตั้งอยู่ติดถนน ใกล้แหล่งชุมชนและเป็นพื้นที่ราบ ตลอดจนการอนุญาตให้นำไม้ที่ยืนต้นตายออกมาใช้ประโยชน์ เพื่อเป็นการเปิดพื้นที่สำหรับกล้าไม้ใหม่ ๆ และไม้รุ่นได้เจริญเติบโตต่อไป โดยการเพิ่มแรงจูงใจ เช่น การอนุญาตให้สามารถตัดไม้ตายมาใช้ประโยชน์ได้โดยมีเงื่อนไขว่าผู้ตัดจะต้องปลูกและดูแลลูกไม้และไม้รุ่นซึ่งเป็นชนิดเดียวกันกับไม้ดั้งเดิม หรือไม้เด่นในพื้นที่นั้น ๆ นอกจากเป็นการเพิ่มปริมาณการกักเก็บคาร์บอนแล้วยังส่งผลดีต่อการรักษาความหลากหลายของไม้ในพื้นที่อีกด้วย การเพิ่มปริมาณคาร์บอนจะเป็นการเพิ่มรายได้แก่ชุมชนในกรณีที่ป่าชุมชนได้เข้าร่วมโครงการ T-VER และมีกรซื้อขายคาร์บอนเครดิตในอนาคต การรักษาความหลากหลายทำให้ป่าอุดมสมบูรณ์จะทำให้ชุมชนได้รับนิเวศบริการที่ดียิ่งขึ้น

การศึกษาในครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ 1) ควรมีการติดตามปริมาณการกักเก็บคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงทุก 3 – 5 ปี ตามคำแนะนำของโครงการ T-VER เพื่อทราบถึงปริมาณคาร์บอนที่เปลี่ยนแปลงและใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดแนวทางการจัดการพื้นที่ต่อไป 2) การศึกษาในครั้งนี้เลือกศึกษาเฉพาะต้นไม้ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนหลักในพื้นที่ป่า มิได้ศึกษาไม้และเถาวัลย์ซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนทางเลือกตามแนวทางโครงการ T-VER ในอนาคตหากมีความต้องการข้อมูลที่ละเอียดมากยิ่งขึ้นเห็นควรศึกษาไม้และเถาวัลย์ร่วมด้วย และ 3) การศึกษาในครั้งนี้มิได้เลือกศึกษาในพื้นที่ป่าเพื่อการอนุรักษ์อันเนื่องมาจากลักษณะของพื้นที่เป็นป่าขั้นในอยู่ห่างจากถนน หมู่บ้าน และพื้นที่ทำการเกษตรของชาวบ้าน ขึ้นไปบนสันเขา ยกต่อการบุกรุกแผ้วถางหรือกระทำทำให้ป่าเสื่อมโทรม นอกจากนี้ยังมีพื้นที่ป่าเพื่อการใช้ประโยชน์เป็นแนวกันชนป้องกันการบุกรุกตลอดแนวพื้นที่ จึงถือได้ว่าเป็นพื้นที่ที่ไม่มีแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า โดยทั้งนี้หากมีการเปลี่ยนแปลงแนวเขต ภูกระเปาะ หรือลักษณะอื่นใดอันเป็นเหตุให้พื้นที่ดังกล่าวมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกหรือการเปลี่ยนแปลงสภาพป่า ก็ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในพื้นที่นั้น ๆ ด้วย

REFERENCES

- Boonrodklab, C., Teejuntuk, S. 2008. Structure and aboveground biomass of forest community in Doi Inthanon national park, Chiang Mai province, pp. 411-419. In **Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference (Natural Resources and Environment)**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Charoenniyom, A. 1989. **Regeneration Process in a Mixed Deciduous Forest with Teak at Mae Huad, Changwat Lampang**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation (DNP). 2015. **Climate Change and REDD Plus**. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Diloksumpun, S. 2007. Carbon sequestration of forests and global warming. **Journal of Soil and Water Conservation**, 22(3): 40-49. (in Thai)
- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Chapter 4 Forest Land**. National Greenhouse Gas Inventories Programme. IGES, Japan.
- Issaree, M. 1982. **Primary Production of Plant Communities in Old Clearing Areas at Sakaerat Environmental Research Station, Pakthongchai, Nakhon Ratchasima**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Khamyong, N. 2009. **Plant Species Diversity, Soil Characteristics and Carbon Accumulation in Different Forests, Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Nuanurai, N. 2005. **Comparison of Area Index, Above – Ground Biomass and Carbon Sequestration of Forest Ecosystems by Forest Inventory and Remote Sensing at Kaeng Krachan National Park, Thailand**. M.S. Thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Nukool, T. 2002. **Structural Characteristics of Three Forest Types at Khun Korn Waterfall Forest Park, Changwat Chiang Rai**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ogawa, H., Yoda, K., Kira, T. 1965. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in SE Asia**, 1: 21-157.
- Ounkerd, K., Sunthornhao, P., Puangchit, L. (2015). Valuation of carbon stock in trees at Khao Wong Community Forest, Chaiyaphum province. **Thai Journal of Forestry**, 34(1), 29–38.
- Royal Forest Department (RFD). 2018. **Ban Nong Kwang Community Forest Information**. 35p. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Royal Forest Department (RFD). 2022. **Community Forest Project Approval Information**. <https://www.forest.go.th/community-extension/2017/02/02/ผลการอนุมัติโครงการป่า>, 8 August 2022.
- Shannon, C.E., Weaver, W. 1949. The mathematical theory of communication. *Cited by* Ludwig, J.A., Reynolds, J.H. 1988. **Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing**. John and Wiley & Sons Inc., New York, USA.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) (Public Organization). 2015. **Reducing Emission from Deforestation and Forest Degradation and Enhancing Carbon Sequestration in Ban-Kong-Tabang community forest, Petchaburi Province (P-REDD+)**. <https://ghgreduction.tgo.or.th/en/database-and-statistics/registered-projects/item/809-reducing-emission-from-deforestation-and-forest-degradation-and-enhancing-carbon-sequestration-in-ban-kong-tabang->

[community-forest-petchaburi-province-p-redd-in-ban-kong-tabang-community-forest-pe.html](https://ghgreduction.tgo.or.th/en/database-and-statistics/registered-projects/item/809-reducing-emission-from-deforestation-and-forest-degradation-and-enhancing-carbon-sequestration-in-ban-kong-tabang-), 24 June 2023.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) (Public Organization). 2016. **Thailand Voluntary Emission Reduction Program Reference Manual: Forestry and Agriculture Sector**. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (TGO) (Public Organization). 2021. **Calculation for Carbon Sequestration (Number 4)**. Bangkok, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

สังคมกล้าไม้ของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ภายใต้การรุกรานของต้นสาบเสือ
(*Chromolaena odorata*) ในวนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง จังหวัดเชียงราย

Seedling Communities of Mixed Deciduous and Dry Dipterocarp Forests under the Invasion
of *Chromolaena odorata* in Nam Tok Tat Sai Rung Forest Park, Chiang Rai Province

เสาวรส ชมภูเทพ¹Saowaros Chompoothep¹กมลพร ปานง่อม²Kamonporn Panngom²อิสริย์ ฮาวปินใจ³Itsaree Howpinjai³ต่อลาภ คำโย^{4*}Torlarp Kamyo^{4*}¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่¹Department Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Phrae province, Thailand² สาขาวิชาชีววิทยาประยุกต์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่²Department of Applied Biology, Maejo University Phrae Campus, Phrae province, Thailand³ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่³Forest industry technology, Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae province, Thailand⁴ สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่⁴Department of Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae province, Thailand

*Corresponding Author; e-mail address: torlarp66@gmail.com

รับต้นฉบับ 27 เมษายน 2566

รับแก้ไข 4 กรกฎาคม 2566

รับลงพิมพ์ 25 กรกฎาคม 2566

ABSTRACT

This study aimed to quantitatively characterize the seedling community in two forest types: mixed deciduous forests (MDF) and deciduous dipterocarp forests (DDF), under invasion by *Chromolaena odorata*. Seedling community characteristics were recorded from 60 temporary sampling plots of size 1 m x 1 m, which were systematically located in Nam Tok Tat Sai Rung Forest Park, Chiang Rai province. The study identified 24 and 17 species seedling tree species in the areas of MDF and DDF invaded by *C. odorata*, respectively. These species were from 23 genera and 16 families and 16 genera and 13 families of MDF and DDF, respectively. The seedling tree densities were 16,538 and 5,000 stems/ha, respectively. It was also not found that almost all the areas in MDF and DDF were invaded by *C. odorata*. The identified seedlings were from 17 species, 16 genera, 13 families, and 8 species, 7 genera, and 6 families in the two forest types, respectively, with seedling densities of 12,884 and 10,576 stems/ha, respectively. Comparing the biomass of the invaded areas, it was found that the highest biomass was in the community of *C. odorata*, followed by the understory vegetation and tree seedlings, respectively. Conversely, in the non-invaded areas of MDF, the seedling tree biomass was higher than in the community of *C. Odorata*, which was different from that in the DDF. However, the biomass of the understory vegetation in both MDF and DDF was lower than that of the community of *C. odorata*. The invasion of *C. odorata* had a significant impact on tree species such as *Shorea obtusa*, *Shorea siamensis*, *Syzygium oblatum*, and *Castanopsis acuminatissima*. It was found that very few seedlings could establish in the dense growth of *C. odorata* areas compared to the non-invaded areas. Therefore, sustainable management practices should consider establishing structural tree planting to enhance the chances of successfully establishing native tree species with high importance value index, as well as studying tree species that are resistant to the invasion of such non-native species. These measures will help increase the appropriate quantity of tree seedlings to maintain the ecological system of specific forest communities. Furthermore, raising awareness and disseminating knowledge about the impact of invasive species among the future stakeholders is crucial to ensure a sustainable use of the area.

Keywords: *Chromolaena odorata*; Invasive species; Plant biodiversity; Seedling community

บทคัดย่อ

การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสังคมกล้าไม้ของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ภายใต้การรุกรานของต้นสาบเสือ ในพื้นที่วนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง จังหวัดเชียงราย ดำเนินการวางแผนตัวอย่างชั่วคราว ขนาด 1 เมตร x 1 เมตร จำนวน 60 แปลง โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ พบว่า พื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังที่มีต้นสาบเสิรรุกราน มีองค์ประกอบของกล้าไม้ จำนวน 24 ชนิด 23 สกุล 16 วงศ์ และ 4 ชนิด 4 สกุล 2 วงศ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นของกล้าไม้รวม 16,538 และ 5,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ในพื้นที่ที่ไม่พบการรุกรานของต้นสาบเสือ ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีองค์ประกอบของกล้าไม้ จำนวน 17 ชนิด 16 สกุล 13 วงศ์ และ 8 ชนิด 7 สกุล 6 วงศ์ ตามลำดับ ความหนาแน่นของกล้าไม้มีค่าเท่ากับ 12,884 และ 10,576 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพในสังคมพืชสาบเสือ พบว่า ต้นสาบเสือมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือ ไม้พื้นล่าง และกล้าไม้ ตามลำดับ ในทางกลับกันมวลชีวภาพกล้าไม้ของสังคมพืชป่าเบญจพรรณที่ไม่มีต้นสาบเสิรรุกราน พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพกล้าไม้มีค่าสูงกว่า ซึ่งแตกต่างจากในสังคมพืชป่าเต็งรัง ขณะที่ปริมาณมวลชีวภาพกลุ่มไม้พื้นล่างนั้นมีค่าต่ำกว่า สังคมพืชสาบเสือในทั้งสองชนิดป่า การรุกรานของต้นสาบเสือนำมาซึ่งผลต่อต้นเต็ง (Shorea obtusa) รัง (Shorea siamensis) มะค่า (Syzygium oblatum) และก่อเดือย (Castanopsis acuminatissima) เนื่องจากกล้าไม้มีการกระจายและความหนาแน่นมาก เฉพาะพื้นที่ที่ไม่มีต้นสาบเสือ ดังนั้น การจัดการอย่างยั่งยืนควรพิจารณาปลูกกล้าไม้เสริมโครงสร้างป่าด้วยวิธีพรรณไม้โครงสร้าง โดยพิจารณาปลูกเสริมจากค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์พืช รวมถึงศึกษาชนิดไม้ที่ทนทานต่อการรุกรานของพืชต่างถิ่นรุกราน ที่จะช่วยเพิ่มปริมาณกล้าไม้ดั้งเดิมที่เหมาะสม เพื่อรักษาระบบนิเวศสังคมพืชป่าชนิดนั้นๆ ตลอดจนการสร้างความตระหนักและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานผู้เข้าใช้พื้นที่ต่อไป

คำสำคัญ: สาบเสือ ชนิดต่างถิ่นรุกราน ความหลากหลายทางชีวภาพ สังคมกล้าไม้

คำนำ

ปัญหาชนิดพืชต่างถิ่นที่รุกราน จัดเป็นปัญหาสำคัญอันดับต้น ๆ ที่นำไปสู่การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ ปัจจุบันโลกได้ให้ความสนใจต่อชนิดต่างถิ่นที่รุกรานมากขึ้น และระบุว่าชนิดต่างถิ่นที่รุกรานเป็นภัยร้ายแรงที่คุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพเป็นอันดับสองรองจากการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยตามธรรมชาติ ชนิดพืชต่างถิ่นที่รุกรานบางชนิดก่อปัญหาที่ยากต่อการแก้ไข และหลายชนิดทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อระบบนิเวศโดยสิ้นเชิง (Chen *et al.*, 2021) พืชต่างถิ่นรุกราน (invasive alien plants) เป็นภัยคุกคามต่อความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศที่ร้ายแรง และได้มีการกระจายพันธุ์เข้าสู่พื้นที่ป่าอนุรักษ์ในเขตอุทยานแห่งชาติมาเป็นเวลานาน โดยธรรมชาติ สัตว์ป่า และมนุษย์ จนทำให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ในพื้นที่ เนื่องจากความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาวะแวดล้อมต่างๆ ได้ดี มีการกระจายพันธุ์รวดเร็ว บางชนิดมีพฤติกรรมหรือการดำรงชีวิตที่คุกคามสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ส่งผลกระทบท่อระบบนิเวศท้องถิ่น และอาจถึงขั้นทำให้ชนิดพันธุ์ในท้องถิ่นเดิมสูญพันธุ์ได้ (Charungphan *et al.*, 2015)

หลายประเทศทั่วโลกต่างประสบปัญหาการรุกรานของพืชต่างถิ่นชนิดหนึ่งที่ไม่สามารถควบคุมได้ เช่นเดียวกับประเทศ

ไทยที่มีการรุกรานของพืชต่างถิ่นอย่างหนัก คือ สาบเสือ (*Chromolaena odorata* (L.) King & Robinson) (Napompeth *et al.*, 1991) ซึ่งมีถิ่นกำเนิดในอเมริกาเขตร้อน เป็นพืชรุกรานที่มีการแพร่กระจายอย่างรวดเร็ว ไปยังแอฟริกา ยุโรป และเอเชีย โดยเฉพาะเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Gautier, 1992) จัดอยู่ในกลุ่มชนิดต่างถิ่นที่รุกรานแล้ว รายการ 1 ของประเทศไทย มีการแพร่พันธุ์ไปทั่วประเทศ (Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, 2018) และเป็น 1 ใน 100 ชนิดต่างถิ่นรุกรานถิ่นที่อยู่อาศัยเดิมอย่างร้ายแรงของโลก ตามคู่มือ Global Invasive Species Database (GISD) ของ IUCN (Lowe *et al.*, 2004) มีองค์ประกอบทางชีวเคมีที่มีลักษณะเป็นอัลลีโลพาธี (allelopathy) ต่อพืชชนิดอื่น ๆ ที่สามารถสร้างสารเคมีและปล่อยสู่สภาพแวดล้อม ทำให้อัตราการงอกของเมล็ดพืชต่ำลง รวมถึงส่งผลต่อกล้าไม้ไม่สามารถเติบโตได้ดี (Hamidi *et al.*, 2014) ทั้งนี้ การแพร่กระจายของสาบเสือไม่เพียงแต่พบในพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่รกร้างเท่านั้น พื้นที่ป่าที่ถูกพืชชนิดนี้คุกคามเช่นเดียวกัน (Uyi and Igbinosa, 2010) สิ่งสำคัญที่ต้องตระหนักคือ พื้นที่อนุรักษ์ อาทิ อุทยานแห่งชาติ วนอุทยาน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่า เป็นถิ่นอาศัยของพืชดั้งเดิมจำนวนมาก

หลายชนิดมีประชากรจำนวนน้อยเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ และมีระบบนิเวศที่เปราะบางต่อสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลง หากพืชต่างถิ่นรุกรานรุนแรง จะทำให้ระบบนิเวศในพื้นที่ป่าอนุรักษ์เปลี่ยนแปลงไป และมีผลทำให้สูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ (Ngamchareon, 2005)

วนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง ตั้งอยู่ในพื้นที่อำเภอเวียงเชียงรุ้ง จังหวัดเชียงราย เป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ที่มีความสำคัญต่อประชาชน ได้แก่ เป็นแหล่งอนุรักษ์พันธุ์กรรมดั้งเดิมของความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งกักเก็บคาร์บอน ช่วยรักษาสมดุลของธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เป็นแหล่งอาหารและสมุนไพรพื้นเมืองหลายชนิด และเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของอำเภอเวียงเชียงรุ้ง วนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง มีพื้นที่ 4,090 ไร่ มีการกระจายพันธุ์ของต้นสาบเสือทั่วพื้นที่ โดยเฉพาะในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสังคมกล้าไม้ของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ภายใต้การรุกรานของต้นสาบเสือ ซึ่งสังคมพืชระดับกล้าไม้ มีความสำคัญต่อกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติ โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถนำมาพิจารณาผลกระทบการรุกรานของต้นสาบเสือต่อกล้าไม้ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง เพื่อป้องกันและฟื้นฟูระบบนิเวศให้สมดุล ตลอดจนเป็นแนวทางในการบริหารจัดการวนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง ด้านความหลากหลายทางชีวภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

วนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง ตั้งอยู่ในตำบลป่าซาง ตำบลทุ่งก่อ อำเภอเวียงเชียงรุ้ง และตำบลตาดควีน

อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย มีพื้นที่ 6.54 ตารางกิโลเมตร (4,090 ไร่) สภาพพื้นที่เป็นป่าเบญจพรรณ ร้อยละ 80 ป่าเต็งรัง ร้อยละ 18 และป่าดิบแล้ง ร้อยละ 2 ของพื้นที่ วนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง

วิธีการ

ทำการวางแผนตัวอย่างชั่วคราว โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic sampling) ขนาด 1 เมตร x 1 เมตร จำนวน 60 แปลง กระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่ป่าของวนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง ซึ่งโดยวางแผนในพื้นที่สังคมพืชป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest, MDF) จำนวน 52 แปลง และสังคมพืชป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest, DDF) จำนวน 8 แปลง ทำการจำแนกชนิดกล้าไม้ บันทึกจำนวนต้น และทำการตัดเก็บตัวอย่างกล้าไม้เหนือผิวดินทั้งหมด (Figure 1) สำรองการปรากฏของต้นสาบเสือ ทำการตัดเก็บตัวอย่างต้นสาบเสือเหนือผิวดินทั้งหมดที่พบในแปลง และไม้พื้นล่างทั้งหมดที่พบในแปลงนั้น แยกชิ้นน้ำหนักสดของตัวอย่างในแต่ละแปลง ได้แก่ กล้าไม้ ต้นสาบเสือ และไม้พื้นล่างอื่น ๆ โดยนิยามของไม้พื้นล่าง คือพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่ในเรือนยอดชั้นต่ำของสังคมพืช ปกคลุมผิวดินและมีความสูงไม่เกิน 1.5 เมตร ได้แก่ พืชล้มลุก (annual, perennial) เฟิร์น และพืชกลุ่มไถ่เคียงเฟิร์น (fern and fernallies) ไม้เลื้อย (climber) ไม้พุ่มรอเลื้อย (scandent shrub) ไม้พุ่มขนาดเล็ก (subshrub) โดยไม่รวมถึงกล้าไม้ของไม้ต้น (Rakarcha *et al.*, 2020) แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดในแต่ละประเภทไปอบแห้งในตูบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนกว่าน้ำหนักแห้งจะคงที่ บันทึกข้อมูลน้ำหนักพืชแต่ละประเภทหลังอบแห้งเพื่อหาปริมาณมวลชีวภาพ (Sirimakron, 2009)

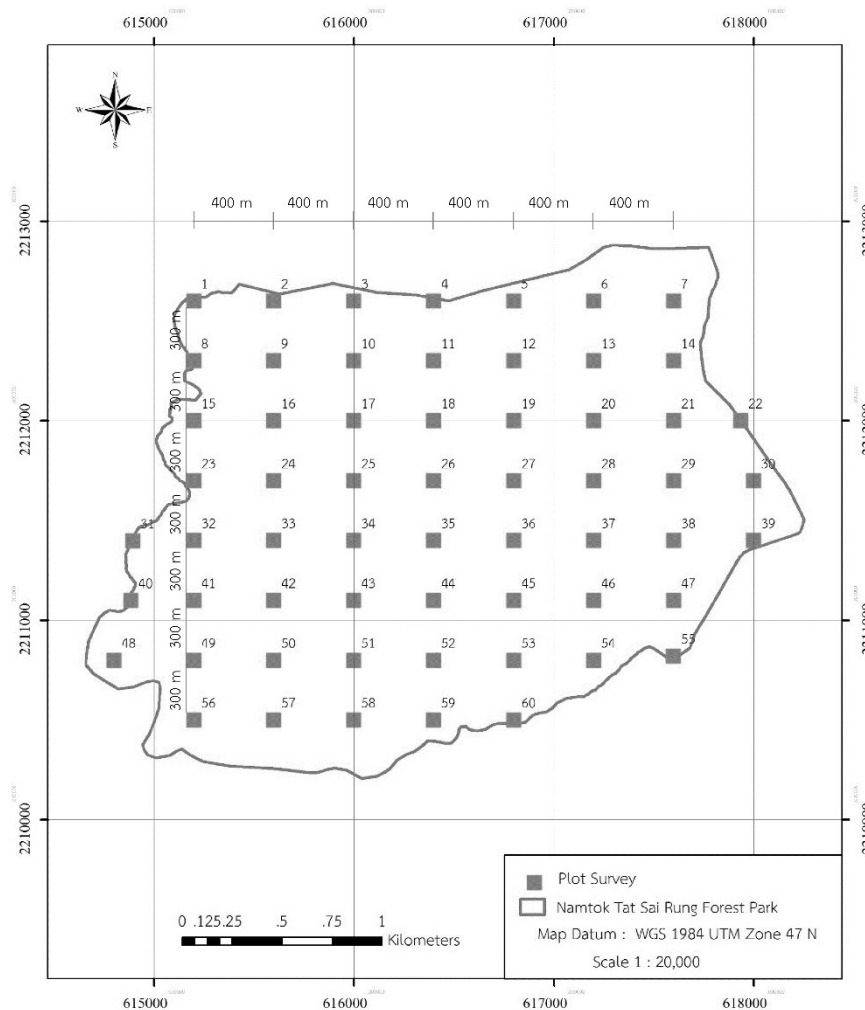


Figure 1 Map of the random systematic plot survey established in the Nam Tok Tat Sai Rung Forest Park.

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์คุณลักษณะเชิงปริมาณ (quantitative characteristics) ของต้นสาบเสือและกล้าไม้ที่พบในป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง โดยมีสูตรการคำนวณตามแนวทางของ Kutintara (1999) ดังนี้

1.1) ความหนาแน่น (density, D) คือ ค่าที่แสดงออกถึงจำนวนต้นภายในพื้นที่ หรือค่าเฉลี่ยของจำนวนต้นของชนิดพรรณพืชต่อหน่วยพื้นที่

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

1.2) ความถี่ (frequency, F) หมายถึง จำนวนแปลงที่ปรากฏพรรณไม้ชนิดนั้นต่อจำนวนแปลงที่ทำการสำรวจ เป็นลักษณะที่มุ่งชี้ถึงการกระจายของพรรณไม้ในสังคม

$$F = \frac{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างที่ชนิดไม้ชนิดนั้นปรากฏ}}{\text{จำนวนแปลงทั้งหมดที่สำรวจ}}$$

2. เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นสาบเสือ กล้าไม้ และไม้พื้นล่าง ของพื้นที่ตัวแทนป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง

3. วิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของกล้าไม้ (importance value index, IVI) โดยใช้ผลรวมของค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ และค่าความถี่สัมพัทธ์

ผลและวิจารณ์

ความหนาแน่นของกล้าไม้ในพื้นที่สังคมพืชต้นสาบเสือ

สังคมพืชของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีองค์ประกอบของกล้าไม้ จำนวน 24 ชนิด (species) 23 สกุล (genera) 16 วงศ์ (family) และ 4 ชนิด 4 สกุล 2 วงศ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นของกล้าไม้ทั้งหมด เท่ากับ

16,538.46 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 5,000 ต้นต่อเฮกตาร์ (Albizia odoratissima) กระพี้จั่น (Millettia brandisiana) ตามลำดับ กล้าไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุดในป่าเบญจพรรณ ประดู่ป่า (Pterocarpus macrocarpus) และมะขามป้อม คือ พญารากดำ (Diospyros variegata) มีค่าเท่ากับ 3,461.54 (Phyllanthus emblica) โดยทุกชนิดมีความหนาแน่นเท่ากับ ต้นต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรังมีความหนาแน่นของกล้าไม้เท่ากับ 1,250 ต้นต่อเฮกตาร์ (Table 1) 5,000 ต้นต่อเฮกตาร์ กล้าไม้ที่พบ ได้แก่ กางขี้มอด

Table 1 Density of seedling (stems/ha) in the C. odorata community.

No.	Species	Family	MDF	DDF
			Density	Density
1	<i>Diospyros variegata</i>	EBENACEAE	3,461.54 (25.71)	0 (0)
2	<i>Stereospermum neuranthum</i>	BIGNONIACEAE	1,730.77 (15.76)	0 (0)
3	<i>Vitex pinnata</i>	LABIATAE	1,730.77 (16.30)	0 (0)
4	<i>Protium serratum</i>	BURSERACEAE	1,346.15 (19.45)	0 (0)
5	<i>Baccaurea ramiflora</i>	PHYLLANTHACEAE	1,346.15 (4.39)	0 (0)
6	<i>Albizia odoratissima</i>	FABACEAE	1,153.85 (7.52)	1,250.00 (12.88)
7	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	769.23 (15.67)	1,250.00 (25.76)
8	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	576.92 (8.78)	1,250.00 (12.88)
9	<i>Antidesma sootepense</i>	EUPHORBIACEAE	576.92 (3.14)	0 (0)
10	<i>Lagerstroemia cochinchinensis</i>	LYTHRACEAE	384.62 (5.64)	0 (0)
11	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	384.62 (3.76)	0 (0)
12	<i>Phyllanthus emblica</i>	PHYLLANTHACEAE	384.62 (3.76)	1,250.00 (12.88)
13	<i>Syzygium oblatum</i>	MYRTACEAE	384.62 (3.76)	0 (40.15)
14	<i>Mallotus philippensis</i>	EUPHORBIACEAE	384.62 (3.76)	0 (0)
15	<i>Allophylus cobbe</i>	EUPHORBIACEAE	192.31 (1.88)	0 (0)
16	<i>Schleichera oleosa</i>	SAPINDACEAE	192.31 (8.14)	0 (0)
17	<i>Anogeissus acuminata</i>	COMBRETACEAE	192.31 (5.02)	0 (12.88)
18	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	192.31 (5.64)	0 (0)
19	<i>Ficus hispida</i>	MORACEAE	192.31 (3.76)	0 (0)
20	<i>Chukrasia tabularis</i>	MELIACEAE	192.31 (1.88)	0 (0)
21	<i>Colona flagrocarpa</i>	MALVACEAE	192.31 (1.88)	0 (0)
22	<i>Tetrameles nudiflora</i>	TETRAMELACEAE	192.31 (1.88)	0 (0)
23	<i>Bauhinia saccocalyx</i>	FABACEAE	192.31 (3.76)	0 (12.88)
24	<i>Aporosa villosa</i>	EUPHORBIACEAE	192.31 (1.88)	0 (0)
Total			16,538.46	5,000.00

Remark: The values enclosed in parenthesis denote the importance value index (IVI) for each tree species.

จะเห็นได้ว่า พื้นที่สังคมต้นสาบเสือ กล้าไม้ที่พบล้วนเป็นพันธุ์ไม้เด่นในสังคมพืชป่าเบญจพรรณ ส่วนในพื้นที่ป่าเต็งรังไม่พบกล้าไม้ที่เป็นพันธุ์ไม้เด่นสังคมพืชป่าเต็งรังเลย ซึ่งพันธุ์ไม้เด่นที่พบเป็นกลุ่มกล้าไม้สังคมพืชป่าเบญจพรรณ อาจเนื่องมาจากเกิดการกระจายของกลุ่มกล้าไม้ป่าเบญจพรรณที่มีจำนวนมากทั่วพื้นที่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Thapa *et al.*, (2016) ได้ศึกษาผลกระทบของต้นสาบเสือ (*C. odorata*) ที่รุกรานต่อความมากมายของชนิด องค์ประกอบ และการเกิดขึ้นใหม่ของกล้าต้นสาละ (*Shorea robusta*) ในป่าสาละ ประเทศเนปาล พบว่า พื้นที่ที่มีการรุกรานของต้นสาบเสือจะส่งผลให้กล้าไม้ต้นสาละมีความหนาแน่นน้อยกว่าพื้นที่ที่ไม่มีการรุกรานจากต้นสาบเสือ ซึ่งต้นสาละ (*S. robusta*) เป็นไม้ในวงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เช่นเดียวกับต้นเต็ง และรัง

ความหนาแน่นของกล้าไม้ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีองค์ประกอบของกล้าไม้จำนวน 17 ชนิด 16 สกุล 13 วงศ์ และ 8 ชนิด 7 สกุล 6 วงศ์ ตามลำดับ มีความหนาแน่นของกล้าไม้ เท่ากับ 12,884.62 ต้นต่อเฮกตาร์ และ 10,576.92 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ กล้าไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุดในป่าเบญจพรรณ คือ ก่อเตี้ย (*Castanopsis acuminatissima*) มีค่าเท่ากับ 3,846.15 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา ได้แก่ มะแฟน (*Protium serratum*) มีค่าเท่ากับ 2,307.69 ต้นต่อเฮกตาร์ และกล้าไม้ที่มีความหนาแน่นมากที่สุดในป่าเต็งรัง คือ มะห่า (*Syzygium oblatum*) มีค่าเท่ากับ 3,846.15 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมา ได้แก่ เต็ง มีค่าเท่ากับ 2,307.69 ต้นต่อเฮกตาร์ (Table 2)

Table 2 Density of seedlings (stems/ha) in the Mixed Deciduous Forest (MDF) and Dry Dipterocarp Forest (DDF).

No.	Species	Family	MDF	DDF
			Density	Density
1	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	FAGACEAE	3,846.15 (13.83)	0 (0)
2	<i>Protium serratum</i>	BURSERACEAE	2,307.69 (19.45)	769.23 (17.42)
3	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	1,153.85 (15.04)	961.54 (25.76)
4	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	961.54 (8.78)	0 (0)
5	<i>Schleichera oleosa</i>	SAPINDACEAE	769.23 (8.14)	0 (0)
6	<i>Diospyros variegata</i>	EBENACEAE	576.92 (25.71)	0 (0)
7	<i>Vitex pinnata</i>	LABIATAE	576.92 (16.30)	0 (0)
8	<i>Tectona grandis</i>	LABIATAE	576.92 (5.64)	0 (0)
9	<i>Stereospermum neuranthum</i>	BIGNONIACEAE	384.62 (15.67)	384.62 (12.88)
10	<i>Alangium chinense</i>	CORNACEAE	384.62 (2.51)	0 (0)
11	<i>Shorea obtusa</i>	DIPTEROCARPACEAE	192.31 (1.88)	2,307.69 (21.97)
12	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	192.31 (5.64)	0 (0)
13	<i>Lagerstroemia cochinchinensis</i>	LYTHRACEAE	192.31 (5.64)	0 (0)
14	<i>Spondias pinnata</i>	ANACARDIACEAE	192.31 (1.88)	0 (0)
15	<i>Ficus hispida</i>	MORACEAE	192.31 (3.76)	0 (0)
16	<i>Shorea siamensis</i>	DIPTEROCARPACEAE	192.31 (1.88)	1,153.85 (17.42)
17	<i>Bauhinia saccocalyx</i>	FABACEAE	192.31 (3.76)	576.92 (12.88)
18	<i>Syzygium oblatum</i>	MYRTACEAE	0 (3.76)	3,846.15 (40.15)
19	<i>Anogeissus acuminata</i>	COMBRETACEAE	0 (5.02)	576.92 (12.88)
Total			12,884.62	10,576.92

ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ที่ไม่มีต้นสาบเสือ รุกราน พบว่า มีกล้าไม้ดั้งเดิมหลายชนิด ได้แก่ ก่อเดือย (*C. acuminatissima*) มะแฟน (*Protium serratum*) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) เป็นต้น รวมถึงพรรณไม้เด่นของสังคม พืชป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) เต็ง (*S. obtusa*) และรัง (*S. siamensis*) ตามลำดับ ความหนาแน่นของกล้าไม้ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในพื้นที่ที่ไม่พบต้นสาบเสือ เมื่อจำแนกตามรายชนิดของพืช พบว่า กล้าไม้ที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีจำนวนเพิ่มมากขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับบริเวณที่ถูก ต้นสาบเสiorุกราน

ความถี่ของกล้าไม้ในพื้นที่สังคมพืชต้นสาบเสือ

กล้าไม้ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีองค์ประกอบของกล้าไม้ จำนวน 24 ชนิด 23 สกุล 16 วงศ์ และ 4 ชนิด 4 สกุล 2 วงศ์ ตามลำดับ กล้าไม้ห้าลำดับแรก ที่มีความถี่มากที่สุดของสังคมพืชป่าเบญจพรรณ คือ พญารากดำ (*D. variegata*) มีค่าเท่ากับ 13.46% แคทราย (*Stereospermum neuranthum*) มีค่าเท่ากับ 9.62% ตีนนก (*Vitex pinnata*) มีค่าเท่ากับ 9.62% มะแฟน (*Protium serratum*) มีค่าเท่ากับ 7.96% และมะไฟป่า (*Baccaurea ramiflora*) มีค่าเท่ากับ 5.77% ในขณะที่กล้าไม้ที่ขึ้นอยู่ในป่าเต็งรัง มีความถี่ที่ปรากฏเท่ากัน คือ 12.50% (Table 3)

Table 3 Frequency of seedlings (%) in the *Chromolaena odorata* community.

No.	Species	Family	MDF	DFF
			Frequency (IVI)	Frequency (IVI)
1	<i>Diospyros variegata</i>	EBENACEAE	13.46 (25.71)	0 (0)
2	<i>Stereospermum neuranthum</i>	BIGNONIACEAE	9.62 (15.76)	0 (0)
3	<i>Vitex pinnata</i>	LABIATAE	9.62 (16.30)	0 (0)
4	<i>Protium serratum</i>	BURSERACEAE	7.69 (19.45)	0 (0)
5	<i>Baccaurea ramiflora</i>	PHYLLANTHACEAE	5.77 (4.39)	0 (0)
6	<i>Albizia odoratissima</i>	FABACEAE	5.77 (7.52)	12.50 (12.88)
7	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	5.77 (15.76)	12.50 (25.76)
8	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	3.85 (8.78)	12.50 (12.88)
9	<i>Lagerstroemia cochinchinensis</i>	LYTHRACEAE	3.85 (5.64)	0 (0)
10	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	3.85 (3.76)	0 (0)
11	<i>Phyllanthus emblica</i>	PHYLLANTHACEAE	3.85 (3.76)	12.50 (12.88)
12	<i>Syzygium oblatum</i>	MYRTACEAE	3.85 (3.76)	0 (40.15)
13	<i>Aporosa villosa</i>	EUPHORBIACEAE	3.85 (1.88)	0 (0)
14	<i>Mallotus philippensis</i>	EUPHORBIACEAE	1.92 (3.76)	0 (0)
15	<i>Antidesma sootepense</i>	EUPHORBIACEAE	1.92 (3.14)	0 (0)
16	<i>Allophylus cobbe</i>	EUPHORBIACEAE	1.92 (1.88)	0 (0)
17	<i>Schleichera oleosa</i>	SAPINDACEAE	1.92 (8.14)	0 (0)
18	<i>Anogeissus acuminata</i>	COMBRETACEAE	1.92 (5.02)	0 (12.88)
19	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	1.92 (5.64)	0 (0)
20	<i>Ficus hispida</i>	MORACEAE	1.92 (3.76)	0 (0)
21	<i>Chukrasia tabularis</i>	MELIACEAE	1.92 (1.88)	0 (0)
22	<i>Colona flagrocarpa</i>	MALVACEAE	1.92 (1.88)	0 (0)
23	<i>Tetrameles nudiflora</i>	TETRAMELACEAE	1.92 (1.88)	0 (0)
24	<i>Bauhinia saccocalyx</i>	FABACEAE	1.92 (3.76)	0 (12.88)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่ากล้าไม้แต่ละชนิดมีการกระจายความถี่ค่อนข้างต่ำ สัมพันธ์กับค่าความหนาแน่นของต้นสาบเสือในพื้นที่รุกรานที่มีค่าสูงมาก ซึ่งการกระจายตามสังคมพืช เป็นการกระทำร่วมกันของพืชแต่ละชนิด ไม่เกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อม โดยความหนาแน่นของพืชและการบดบังร่มเงาเรือนยอด ทำให้เกิดการกระจายของสังคมพืช สำหรับการกระจายตามลักษณะรูปร่างของพืชนั้น ๆ (Shimwell, 1971) โดยกล้าไม้ป่าเบญจพรรณที่พบ เป็นกลุ่มไม้ดั้งเดิมและกลุ่มไม้เบิกนำ ได้แก่ กางเขินมอด ประดู่ป่า กระพี้จั่น มะขามป้อม ปรากฏค่าความถี่ในทั้งสองสังคมพืชและมีการกระจายไปยังพื้นที่ป่าเต็งรัง ส่วนกล้าไม้เด่นในสังคมพืชป่าเต็งรังไม่ปรากฏในแปลงที่พบต้นสาบเสือ เนื่องจากปริมาณต้นสาบเสือที่อยู่ในบริเวณนี้ มีความหนาแน่นและปกคลุมทั่วทั้งพื้นที่ ส่งผลให้กล้าไม้ไม่สามารถกระจายพันธุ์เข้ามาในพื้นที่ใต้เรือนยอดของต้นสาบเสือได้ โดยผลดังกล่าว ทำให้กล้าไม้มีความหลากหลาย

ค่อนข้างต่ำ และมีจำนวนกล้าไม้ไม่น้อย ดังนั้นการปกคลุมของสังคมพืชต้นสาบเสือที่หนาแน่นจึงส่งผลต่อกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติของสังคมพืชป่าเต็งรัง

ความถี่ของกล้าไม้ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

ในสังคมพืชป่าเบญจพรรณ กล้าไม้ที่มีความถี่มากที่สุดคือ กระพี้จั่น มีค่าเท่ากับร้อยละ 7.69 และในพื้นที่ป่าเต็งรังมีค่าความถี่ของชนิดกล้าไม้เท่า ๆ กัน ที่ร้อยละ 12.50 โดยจะพบกล้าไม้ในสังคมพืชป่าเต็งรัง ได้แก่ เต็ง และรัง อย่างไรก็ตามความถี่ที่ปรากฏมีค่าค่อนข้างน้อย เนื่องจากตามธรรมชาติกล้าไม้ในสังคมป่าเต็งรัง มีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติน้อย และมีอัตราการรอดตายของกล้าไม้ต่ำ ที่มาจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการตั้งตัวของกล้าไม้และมีการเกิดไฟป่าขึ้นทุกปี ซึ่งส่งผลต่อความหลากหลาย ความหนาแน่นและการปรากฏของกล้าไม้ในพื้นที่ป่าเต็งรัง (Table 4)

Table 4 Frequency of seedling (%) in the Mixed Deciduous Forest (MDF) and Dry Dipterocarp Forest (DDF).

No.	Species	Family	MDF	DDF
			Frequency	Frequency
1	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	7.69 (15.04)	12.50 (25.76)
2	<i>Diospyros variegata</i>	EBENACEAE	5.77 (25.71)	0
3	<i>Schleichera oleosa</i>	SAPINDACEAE	5.77 (8.14)	0
4	<i>Stereospermum neuranthum</i>	BIGNONIACEAE	3.85 (15.67)	12.50 (12.88)
5	<i>Protium serratum</i>	BURSERACEAE	3.85 (19.45)	12.50 (17.42)
6	<i>Vitex pinnata</i>	LABIATAE	3.85 (16.30)	0
7	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	1.92 (8.78)	0
8	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	FAGACEAE	1.92 (13.83)	0
9	<i>Tectona grandis</i>	LABIATAE	1.92 (5.64)	0
10	<i>Alangium chinense</i>	CORNACEAE	1.92 (2.51)	0
11	<i>Shorea obtusa</i>	DIPTEROCARPACEAE	1.92 (1.88)	12.50 (21.97)
12	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	1.92 (5.64)	0
13	<i>Lagerstroemia cochinchinensis</i>	LYTHRACEAE	1.92 (5.64)	0
14	<i>Spondias pinnata</i>	ANACARDIACEAE	1.92 (1.88)	0
15	<i>Ficus hispida</i>	MORACEAE	1.92 (3.76)	0
16	<i>Shorea siamensis</i>	DIPTEROCARPACEAE	1.92 (1.88)	12.50 (17.42)
17	<i>Bauhinia saccocalyx</i>	FABACEAE	1.92 (3.76)	12.50 (12.88)
18	<i>Syzygium oblatum</i>	MYRTACEAE	0 (3.67)	12.50 (40.15)
19	<i>Anogeissus acuminata</i>	COMBRETACEAE	0 (5.02)	12.50 (12.88)

Remark: The values enclosed in parenthesis denote the importance value index (IVI) for each tree species.

ความถี่ของการกระจายกล้าไม้ในสังคมพืชป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรังที่ไม่มีการรุกรานของต้นสาบเสือ พบว่า กล้าไม้ที่มีความหนาแน่นสูง จะมีค่าความถี่สูง และค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์พืชสอดคล้องกับลักษณะสังคมพืชนั้น ๆ ในพื้นที่ที่ไม่พบต้นสาบเสือรุกราน มีการปรากฏชนิดกล้าพันธุ์ไม้เด่นตามลักษณะของสังคมพืชอย่างชัดเจน

การเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

มวลชีวภาพของต้นสาบเสือในพื้นที่ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 819.85 ± 189.31 และ 626.58 ± 54.11 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนมวลชีวภาพ

ของกล้าไม้ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง มีค่า เท่ากับ 161.49 ± 21.02 และ 277.54 ± 27.40 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีปริมาณมวลชีวภาพของไม้พื้นล่างอื่น ๆ เท่ากับ 305.89 ± 27.35 และ 71.54 ± 16.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 5) ส่วนป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในพื้นที่ที่ไม่พบสาบเสือ มีปริมาณมวลชีวภาพของกล้าไม้ เท่ากับ 213.45 ± 14.30 และ 117.33 ± 13.91 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และปริมาณมวลชีวภาพของไม้พื้นล่างอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 138.51 ± 21.84 และ 28.20 ± 2.89 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Comparison between the plant biomass estimated for the Mixed Deciduous Forest (MDF) and Dry Dipterocarp Forest (DDF) affected by the *Chromolaena odorata* presence community.

Above-ground biomass (kg/ha)	Mixed Deciduous Forest (MDF)	Dry Dipterocarp Forest (DDF)
	Mean $\pm$ S.D.	Mean $\pm$ S.D.
Plant biomass in <i>Chromolaena odorata</i> community		
<i>Chromolaena odorata</i>	819.85 $\pm$ 189.31	626.58 $\pm$ 54.11
Seedling	161.49 $\pm$ 21.02	277.54 $\pm$ 27.40
Undergrowth plants	305.89 $\pm$ 27.35	71.54 $\pm$ 16.00
Plant biomass in mixed deciduous and deciduous dipterocarp forest		
Seedling	213.45 $\pm$ 14.30	117.33 $\pm$ 13.91
Undergrowth plants	138.51 $\pm$ 21.84	28.20 $\pm$ 2.89

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาจากปริมาณมวลชีวภาพ ต้นสาบเสือ กล้าไม้ และไม้พื้นล่าง จะเห็นได้ว่า สังคมพืช ต้นสาบเสือ มีปริมาณมวลชีวภาพต้นสาบเสือสูงที่สุด รองลงมา คือ ไม้พื้นล่าง และกล้าไม้ ตามลำดับ ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณที่ไม่มีต้นสาบเสือรุกราน มีปริมาณมวลชีวภาพกล้าไม้น้อยกว่า ส่วนสังคมพืชป่าเต็งรัง ปริมาณมวลชีวภาพกล้าไม้น้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับมวลชีวภาพกล้าไม้ของสังคมพืชต้นสาบเสือ อาจเนื่องมาจากกล้าไม้ที่พบในพื้นที่ที่พบต้นสาบเสือของสังคม พืชป่าเต็งรังนั้น เป็นกลุ่มพันธุ์ไม้เด่นป่าเบญจพรรณ และเมื่อไม่ มีการรุกรานของต้นสาบเสือ กลุ่มกล้าไม้พันธุ์ไม้เด่นป่าเต็งรัง มีการปรากฏขึ้นอย่างชัดเจน แม้อัตราการเจริญเติบโตจะต่ำ ส่วนปริมาณมวลชีวภาพของกลุ่มไม้พื้นล่างอื่น ๆ ในสังคมพืช ต้นสาบเสือ มีปริมาณมากกว่าพื้นที่ที่ไม่พบต้นสาบเสือ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของต้นสาบเสือที่มีคุณสมบัติเป็น

พรรณพืชเบิกนำ จึงมีส่วนในการชักนำไม้เบิกนำอื่นๆเข้ามาใน พื้นที่ (Thapa *et al*, 2016) ซึ่งสามารถเป็นไปได้ทั้งพืชดั้งเดิม พืชต่างถิ่น และพืชต่างถิ่นรุกราน

จากการศึกษารั้วนี้ จะเห็นได้ว่า ต้นสาบเสือมี ผลกระทบต่อกล้าไม้ โดยเฉพาะเต็ง รัง มะค่า และก่อเดือย ที่จะ ปรากฏเฉพาะพื้นที่ที่ไม่มีต้นสาบเสือรุกราน หากสถานการณ์ ของต้นสาบเสือมีแนวโน้มรุกรานมากขึ้น อันเนื่องมาจาก คุณสมบัติการเป็นพืชเบิกนำ โตเร็ว และกระจายพันธุ์ได้รวดเร็ว จากลักษณะเมล็ดของสาบเสือ แบบผลแห้ง เมล็ดลอย ที่ปลาย เมล็ดมีขนสีขาวช่วยพยุงให้สามารถลอยตกไปในระยะไกลได้ อาจส่งผลถึงปริมาณกล้าไม้ดั้งเดิมในอนาคต สำหรับวนอุทยาน- น้ำตกตาดสายรุ้ง ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าอนุรักษ์ การจัดการต้นสาบเสือ ด้วยการกำจัดแบบเชิงกล เช่น การถอนราก อาจจะเป็น แนวทางที่เหมาะสมในการจัดการและควบคุมปริมาณ และ

การปลูกกล้าไม้เสริมโครงสร้างป่าด้วยวิธีพันธุ์ไม้โครงสร้าง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์พืช ตามแนวทางของ The Forest Restoration Research Unit (2006) เพื่อช่วยเพิ่มปริมาณกล้าไม้ดั้งเดิมที่เหมาะสมต่อลักษณะสังคมพืชของชนิดป่านั้น ๆ ได้แก่ มะหาด เต็ง รัง (*S. siamensis*) เสี้ยวป่า (*Bauhinia saccocalyx*) มะขามป้อม ตะเคียนหนู (*Anogeissus acuminata*) เป็นต้น รวมถึงศึกษาชนิดพรรณไม้ที่ทนทานต่อการรุกรานของพืชต่างถิ่นรุกราน ได้แก่ มะแฟน (*P. serratum*) กระพี้จั่น ประดู่ป่า และการป้องกันรักษาป่าไม่ให้มีการบุกรุก จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะป้องกันการรุกรานของพืชต่างถิ่นในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ รวมถึงการป้องกันก่อนที่จะเกิดการรุกรานของพืชต่างถิ่นเข้าไปและสร้างความเสียหายต่อระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่ ซึ่งอาจต้องสร้างความตระหนักและเผยแพร่ความรู้แก่ผู้ใช้พื้นที่ต่อไป (Tarachai *et al.*, 2020)

สรุป

องค์ประกอบของกล้าไม้ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังที่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ที่มีและไม่มีการรุกรานของต้นสาบเสือ โดยป่าเบญจพรรณมีความหนาแน่นของกล้าไม้สูง แต่อยู่ในกลุ่มไม้เบิกนำ ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีมีการรุกรานของต้นสาบเสือมีการปรากฏของไม้ดั้งเดิมเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ป่าเต็งรังที่มีการรุกรานของต้นสาบเสือ กล้าไม้มีความหนาแน่นน้อย พบสังคมกล้าไม้กลุ่มไม้ป่าเบญจพรรณกระจายในพื้นที่ และไม่ปรากฏพันธุ์ไม้เด่นป่าเต็งรังเลย ส่วนป่าเต็งรังที่ไม่มีมีการรุกรานของต้นสาบเสือ กล้าไม้มีจำนวนองค์ประกอบและความหนาแน่นมากกว่า พบการกระจายพันธุ์ไม้เด่นของป่าเต็งรังที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงในลำดับต้น ๆ ได้แก่ มะหาด กระพี้จั่น เต็ง และรังตามลำดับ

ในสังคมพืชป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังที่มีต้นสาบเสิรรุกราน มีปริมาณมวลชีวภาพต้นสาบเสืสูงที่สุดรองลงมา คือ ไม้พื้นล่าง และกล้าไม้ ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณที่ไม่มีต้นสาบเสิรรุกราน มวลชีวภาพกล้าไม้มีปริมาณเพิ่มขึ้น ส่วนสังคมพืชป่าเต็งรัง กล้าไม้มีปริมาณมวลชีวภาพลดลง อาจเนื่องมาจากกลุ่มกล้าไม้พันธุ์ไม้เด่นป่าเต็งรังมีอัตราการรอดตายต่ำและการเจริญเติบโตช้า ส่วนปริมาณมวลชีวภาพของกลุ่มไม้พื้นล่างอื่น ๆ ในสังคมพืชต้นสาบเสือ

มีปริมาณสูงมากกว่าพื้นที่ที่ไม่มีพบต้นสาบเสือ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะของต้นสาบเสือที่มีคุณสมบัติเป็นพรรณพืชเบิกนำ จึงมีส่วนในการชักนำไม้เบิกนำอื่นๆเข้ามาในพื้นที่ซึ่งสามารถเป็นไปได้ทั้งพืชต่างถิ่น และพืชต่างถิ่นรุกราน

เต็ง รัง มะหาด และก่อเดือย เป็นกล้าไม้ที่อาจจะได้รับผลกระทบจากต้นสาบเสือ เนื่องจากจะปรากฏเฉพาะพื้นที่ที่ไม่มีต้นสาบเสิรรุกราน สำหรับพื้นที่ป่าอนุรักษ์ อาทิ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า วนอุทยาน และเขตห้ามล่าสัตว์ป่า การจัดการต้นสาบเสือและพืชต่างถิ่นรุกรานชนิดอื่นๆ ด้วยการกำจัดเชิงกล เช่น การถอนราก อาจจะเป็นแนวทางที่เหมาะสมในการจัดการและควบคุมปริมาณ นอกจากนี้การปลูกกล้าไม้เสริมโครงสร้างป่าด้วยวิธีพรรณไม้โครงสร้าง โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญของพรรณพืช รวมถึงศึกษาชนิดพรรณไม้ที่ทนทานต่อการรุกรานของพืชต่างถิ่นรุกราน อาทิ มะแฟน กระพี้จั่น ประดู่ป่า จะช่วยเพิ่มปริมาณกล้าไม้ดั้งเดิมที่เหมาะสม เพื่อรักษาระบบนิเวศสังคมพืชป่าชนิดนั้นๆ ตลอดจนการสร้างความตระหนักและเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับผลกระทบของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานผู้ใช้พื้นที่ต่อไป

คำนิยาม

ขอขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่วนอุทยานน้ำตกตาดสายรุ้ง ที่สนับสนุนข้อมูลการทำวิจัย ขอขอบคุณคณาจารย์ และเพื่อน ๆ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

REFERENCES

- Charungphan, K., Muangsri, B., Kongcheepyueun, N., Rangmak, T., Kongcheepyuen, S. 2015. Species and distribution of invasive alien plants in the national park. In *Proceedings of the 5th Conference of the Thailand Forest Ecology Research Network*. Bangkok, Thailand, pp. 170–176. (in Thai)
- Chen, J., Ma, F., Zhang, Y., Wang, C., Xu, H. 2021. Spatial distribution patterns of invasive alien species in China. *Global Ecology and Conservation*, 26: e01432. doi: 10.1016/j.gecco.2020.e01432.

- Gautier, L. 1992. Taxonomy and distribution of a tropical weed: *Chromolaena odorata* (L.) R. King & H. Robinson. *Candollea*, 47(2): 645-662.
- Hamidi, F.W.A., Ismail, A.M., Zainuddin, F.H.I., Hasan, M.Y. 2014. Preliminary study on allelopathic effect from *Chromolaena odorata* (siam weed) leaves extract towards *Vigna radiata*. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 3 :406-411.
- Kutintara, U. 1999. **Fundamental of Forest Ecology**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Lowe, S., Browne, M., Boudjelas, S. 2004. **100 of the World's Worst Invasive Alien Species**. Hollands Printing Ltd., The Invasive Species Specialist Group, The International Union for Conservation of Nature, New Zealand.
- Napompeth, B., Winotai, A., Muniappan, R., Ferrar, P. 1991. Progress on biological control of Siam weed, *Chromolaena odorata* in Thailand. *BIOTROP Special Publication*, 44: 91-97.
- Ngamchareon, C. 2005. **Management of Invasive Alien Plants in the National Park**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning. 2018. **Cabinet Resolution on February 20, 2018 on Measures to Prevent, Control and Eradicate Invasive Species**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Rakarcha, S., Saensouk, S., Saensouk, P. 2020. Species Diversity of Understory Plant in Khok Nong Khwang Forest, Kantharawichai District, Maha Sarakham Province. *KKU Science Journal*, 48(3): 364-376. (in Thai)
- Shimwell, D.W. 1971. **The Description and Classification of Vegetation**. Sidgwick and Jackson. London, England.
- Sirimakron, R. 2009. **The Effects of Prescribed Burning on Habitat Use of Large Herbivores in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Tarachai, Y., Hemsant, A., Chanrat, P., Patiphanthakan, P. 2020. Distribution of invasive plants in Bann Pong Conservation Forest Area, Sansai district, Chiang Mai province. *Journal of Research Unit on Science, Technology and Environment for Learning*, 11(1): 1-15.
- Thapa, L.B., Kaewchumnong, K., Sinkkonen, A., Sridith, K. 2016. Impacts of invasive *Chromolaena odorata* on species richness, composition and seedling recruitment of *Shorea robusta* in a tropical Sal forest, Nepal. *Songklanakarin Journal of Science & Technology*, 38(6): 683-689.
- The Forest Restoration Research Unit. 2006. **How to Plant a Forest: The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests**. Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Uyi, O., Igbinosa, I. B. 2010. The status of *Chromolaena odorata* and its biocontrol in West Africa. In: **Proceedings of the 8th International Workshop on Biological Control and Management of *Chromolaena odorata* and other Eupatorieae**. Nairobi, Kenya, pp. 1-2.

Original Article

Termite (Subterranean *Macrotermes carbonarius*) attack Rating of Thermally Treated Teak (*Tectona grandis* L.f.) Plywood

Douangta Bouaphavong^{1,2,*}
Teera Veenin¹
Khonethong Soukphaxay²

Songklod Jarusombuti¹
Khamtan Phonetip²
Somxay Khamboudaphan²

¹Forest Product Department, Faculty of Forestry, Kasetsart University, 50 Ngamwongwan Rd, Chatuchak Bangkok 10900 Thailand

²Department of Forest Economics and Wood Technology, Faculty of Forest Science, National University of Laos, Dongdok Campus P. O. Box 7322, Vientiane Capital, Lao PDR

*Corresponding Author, E-mai: d.bouaphavong@nuol.edu.la

Received: 14 September 2023

Revised: 24 October 2023

Accepted: 2 November 2023

ABSTRACT

Thermal treatment of teak veneer has been known to improve the biological properties of teak-plywood products and a viable protection method from termite attacks. The objective of this study was to investigate the rating of teak plywood attacked by termite at various temperature levels and time durations. The temperatures of 180, 200, 220, 240°C and control temperature were applied for three different time durations, i.e., 4, 8, and 12 minutes on teak veneer sheets. The plywoods were produced using two types of adhesives, namely Phenol Formaldehyde (PF) and Urea Formaldehyde (UF), with both samples placed on the ground (50 cm deep, 50 cm wide and 5 m long in direct contact with termite nests). The results showed that the termite attacks at 220 and 240 °C exposed for a duration of 4, 8, and 12 minutes were significantly different it is increased as per the temperature in both plywood products. It is concluded that thermally treated veneer at 220 and 240 °C can withstand termite attacks on such teak plywood products.

Keywords: Plywood thermal treatment; Termite rating; Termite attack

INTRODUCTION

Teak (*Tectona grandis* L.f.) is recognized as one of the most valuable premium woods in the world (Lwin *et al.*, 2003), which is a hard wood known for its strength, durability, and natural beauty. Teak is native to India, Myanmar, Laos, and Thailand and is most commonly found in the moist and dry deciduous forests at elevations below 1,000 m above sea level, growing best in locations experiencing an annual rainfall between 1,250 to 3,750 mm, minimum temperature between 13° to 17°C and maximum temperature between 39° to 43°C (Pacific Agribusiness Research and Development Initiative, 2007). Lwin *et al.* (2003) confirmed that based on various the general characteristic ages, sapwood and heartwood make up around 65.02 % and 34.98 % of teak, respectively.

Normally, the chemical composition of teak wood consists of cellulose, hemicellulose, and lignin. The cellulose content varies from sapwood (49.28%), outer heartwood (46.74%), middle heartwood (44.84%), and the inner heartwood (47.01%). Similarly, hemicellulose content varies between 22.96% and 29.67%, while lignin content varies between 30-31% (Lukmandaru, 2015). Li *et al.* (2012) and Arinana *et al.* (2016) reported that termites destroy the wood as well as the cellulose material used in building and construction. For example, the most commonly occurring subterranean termites are potentially the most destructive pests in any building. Termites consumed the cellulose in the cell wall of wood.

Based the observations of Su and Scheffrahn (2000), Rust and Su (2012) and Isanapong (2016) around 2,600 termite species have been identified around the world. These termites belong to one of seven families, out of which six families are lower termites (Mastotermitidae, Hodotermitidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae and Termopsidae) and one family is of higher termites (Termitidae). According to Thipsantia (2011), who studied the biodiversity of termites and their relationship with dry dipterocarp and dry evergreen ecosystems at the Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province, Thailand, underground

termites can classified into nine genera, namely *Schedorhinoterme*, *Coptotermes*, *Odontotermes*, *Hypotermes*, *Microtermes*, *Ancistrotermes*, *Mirocapritermes*, *Pericapritermes*, and *Termes*. Miyagawa *et al.* (2011) confirmed that the first recorded termite in Laos had 11 species in the soil mounds including *Macrotermes gilvus*, *Odontotermes feae*, *Odontotermes sp*, *Microtermes obesi*, *Microtermes sp*, *Microcerotermes crassus*, *Globitermes sulphureus*, *Hospitalitermes ataramensis*, *Pericapritermes latignathus*, and *Termes propinquus*. This could imply that Laos and Thailand have similar number of termite species as both countries are located at tropical latitudes. Within the reported termites, 183 species are known to damage building wood materials, while 83 species can cause significant wood damage. Termites are an integral part of a forest ecology; both in creation and destruction of the ecosystem. The dangers of termites are related to them needing cellulose for food which is an important component of wood and fiber (Vongkaluang and Charoenkrung, 2008).

The concerns of wood companies generally arise from such termite damage to wood products. Insects need food from wood, such as cellulose, hemicellulose, lignin, and other elements. Termites were known as the most dangerous that damage wood called termites underground (subterranean termites).

Urea Formaldehyde or UF resins are thermosetting resins and consist of linear or branched oligomers and polymers admixed with monomers. The presence of some unreacted urea is often helpful to achieve specific effects, with the presence of free formaldehyde having both positive and negative effects (Dunky, 2003). Because of irreversible curing reaction, thermosets are rigid and three-dimensionally crosslinked plastics. The soluble and fusible starting material may integrate numerous fillers such as glass, minerals, fibers, and glass mate. As a result of such three-dimensional crosslinked structures, thermosets do not flow evenly when heated. The main types of thermoset resins are epoxy, urea, melamine, unsaturated polyester, phenolic, and polyurethane resins (Kausar, 2017). According to Nuryawan *et al.* (2017) UF resins are synthesized by the reaction of

formaldehyde with urea. Usually, technical grade urea granules (99%) and formalin (37%) are used as raw materials and an aqueous solution of both formic acid (20%wt) and sodium hydroxide (20%wt) are used to adjust the pH level during and after the reaction.

Phenolic resin or phenol formaldehyde (PF) is resistant to hydrolysis of the C-C bond between the automatic nucleus and the methylene bridge and is used in water and weather resistant glue lines and boards including water and weather proofed particle boards, Medium Density Fiberboard (MDF) and plywood for use under exterior weather conditions. PF resins provide high strength and are extremely resistant to moisture (Moubarik *et al.*, 2009). According to Wang *et al.* (2012) and Bekhta *et al.* (2016), the UF resin is widely used in the manufacturing of plywoods, particleboards, fiber boards, and other interior decoration materials because of its advantages. These include availability of raw materials, low cost, high bonding strength, curing at a low temperature, water solubility, and lack of color of the cured resin. However, the chemical action of formaldehyde can cause disorders of the nervous and immune systems in humans. Formaldehyde can cause cancer in humans, while ammonium chloride is a toxic substance, the formaldehyde emission level, as well as toxicity of a hardener is an area of concern. The basic characteristics of UF resin can be explained through it is high reactivity, water solubility and reversibility of the aminomethylen link (Dunky, 1998). In conclusion, the properties of UF and PF make them conducive for use in different weather conditions. The reversibility of amino methylene bridge in UF can also explain the low resistance these resins to water and moisture attack, especially at higher temperatures. This is also one of the reasons for its hydrolysis leading to subsequent emission of formaldehyde. But PF is water resistant and can withstand various weather conditions. This indicates that both the adhesives' products have positive and negative impacts.

A Subterranean termite species belonging to the group of Macrotermes has been reported in the subfamily Macrotermitinae, Genus is Macrotermes, and species *Macrotermes*

carbonarius (Miyagawa *et al.*, 2011). It has also been reported that in Thailand, the attack by *M. gilvus* on wooden products is moderate (3 hits) (Sornnuwat *et al.*, 2003). However, in Laos, no such reporting of *M. carbonarius* attacking wood has been reported, but the Faculty of Forest Science in National University of Laos, located in Vientiane, Lao PDR, found evidence of wood and building damage by *M. gilvus*. This study is the first recorded occurrence of *M. carbonarius* in the area of the Faculty of Forest Science. As the *Macrotermes carbonarius* is the most dangerous species that can damage wood buildings in the study area, the objective of this study was to test the termite attack on thermally treated plywood specimens through the termite nests (subterranean) method.

MATERIALS AND METHODS

Materials

Teak veneer was peeled from the sapwood towards the inner wood using splindleless lathe rotary at the Faculty of Forest Science, National University of Laos, Vientiane, Laos P.D.R. The termite testing was located at 18°02'29.85" N and 102°37'51.74" E. Apparatus used in this study included a small wood hot press machine (model STK No. 44-275, DAKE, Grand Haven, MI, USA), Cole pressure machine (model No BY 814*4/2B, Production code 7265, Made in China), a hot pressure machine (model, No BY 214*4/2A-1, Production code 7276 Mad in China), a circular saw cutter (model, No BJ 6116-4B, Production code 180401), dial thickness gauge digital calipers (code 34-506, Measumax, Melbourne, Australia), and a horizontal flow oven (Model WOF-050, serial No WOF050071018002, Made by Daihan Scientific Co., Ltd).

As mentioned previously, two types of adhesives to be applied on the teak veneer (*Tectona grandis* L.F.) for teak plywood products were PF 402 (TOA-Dovechem Industries Co.Ltd, No dated) and UF Diabond No 283 class E 2 (Thai Commercial Corporation Ltd, No dated). Both adhesives used were prepared based on the Australian/New Zealand Standard (2012).

Veneer samples were used to produce plywood samples of size 40 cm x 40 cm, which

were machined to an approximate dimension of 10 mm x 50 mm x 100 and 30 samples were keeping as an archive (long term storage).

Methods

The plywood product consists of five layers, with the veneer layer placed one over the other and perpendicular to the grain. PF glue was spread on the veneer by passing it through a wool roller with the glue transfer spreader set at 150 g/m².

The UF glue was also spread on the veneer through a roller spreader at a rate of about 120-130 g/m². The dimensions of the teak plywood product thus produced was of size 40 cm x 40 cm through a hot press machine. The hot press rate for the plywood products depends on the thickness, and is around 1 mm per minute. As the thermo-teak and teak plywoods have an average thickness of 10 mm, the time for pressing was 10 minutes for 130°C using PF and 120°C using UF, with the press loading of 2.5 MPa/mm² for both adhesives.

As mentioned, thermo- teak plywood (*Tectona grandis*) was used in this experiment

and the reference species known as termite food were solid teak and rubber (*Hevea brasiliensis*). The surfaces of each sample were brushed such that it was free from dirt and other loose material. Each exposed sample was uniquely numbered using a metal tag, which was attached using stainless steel nails. Samples were then randomly placed in plastic baskets and the position in each basket was recorded. The exposed baskets were also uniquely identified and were then covered by plastic on top of the cannel. The cannel design had dimensions of 50 cm x 50 cm x 500 cm (depth, width, and length).

After five months of exposure, the soil and covering were carefully removed to expose the test samples. In accordance with Norton. (2019), the purpose of this trial was to determine if the test species of timber was susceptible to termite attack, the indicators showed in Table 1. The rating of termite attack measurement was based on the method suggested by Norton. (2019).

Table 1 Parameters for termite measuring using Norton (2019).

Rating	Condition	Description
10	Sound	No sign or evidence of termite attack
9.5	Trace-nibbling	Slight surface nibbling
9	Slight attach	Loss of up to 3% of the cross-section area
8	Moderate attach	Loss of 3-10% of the cross-section area
7	Moderate/severe attach	Loss of 10-30% of the cross-section area
6	Severe attach	Loss of 30-50% of the cross-section area
4	Very severe attach	Loss of 50-75% of the cross-section area
0	Failure	Can be broken by hand or a probe can penetrate through the piece

Analysis of variance (ANOVA) was used to compare differences between sample groups based on the effect of temperature levels and duration of pressing time on the rating. A linear regression analysis was also used to determine the relationship between the temperature levels on the termite attack rating of the plywood samples passed through different treatments. In addition, a multiple regression analysis was also used to determine the parameters that might have influenced the termite attack on the treated thermal plywood.

RESULTS AND DISCUSSION

Results

Plywood samples indicated to obvious termite presence in all the baskets and 'mudded' over and between exposed samples as indicated in the parameter procedure of table 1. The results (Table 2) indicate that the control samples of teak plywood thermally treated for 4, 8, and 12 minutes have an evidence of moderate destruction rating of 8.03 (Table 1) or 3-10%, while the highest thermal treatment at 240°C had a higher rating which ranged from 9.31 to 9.78 (90-100%).

Table 2 Termite attack rating of teak plywood thermal treatment based on the duration of time and temperature.

Times (minutes)	Temperature (°C)	PF		UF	
		Mean	Std. Deviation	Mean	Std. Deviation
4	control	8.03	1.03	7.80	0.76
	180	9.11	0.44	9.11	0.56
	200	9.31	0.44	9.51	0.49
	220	9.00	1.27	9.33	0.33
	240	9.75	0.31	9.76	0.36
8	control	8.03	1.03	7.80	0.76
	180	8.90	0.78	9.00	0.66
	200	8.61	1.16	9.30	0.48
	220	9.46	0.31	9.21	0.53
	240	9.31	1.01	9.51	0.51
12	control	8.03	1.03	7.80	0.76
	180	9.11	0.56	8.91	0.76
	200	9.36	0.49	8.85	0.55
	220	9.76	0.34	9.30	0.48
	240	9.78	0.44	9.85	0.32

PF multiple regression model analysis (see in Eq. 1) resulted in an $R^2=0.93$, considered as highly significant

$$\text{Termite rating} = 0.0407 \cdot T + 0.0809 \cdot t \quad (\text{Eq. 1})$$

where: T= Temperature (°C)
t= time (minutes)

Table 1 lists the various UF groups, with the control having a lower protection from termite attack (7.80 or 10-30%), while thermal treatment at 240°C (9.76 or 90-100%) resulted in slight surface nibbling, indicating that the temperature levels improved the protection against termites.

UF multiple regression model analysis (see in Eq. 2) resulted in an $R^2=0.93$, considered highly significant.

$$\text{Termite rating} = 0.0427 \cdot T + 0.0320 \cdot t \quad (\text{Eq. 2})$$

where: T= Temperature (°C)
t= time (minutes)

Discussion

High temperature thermal treatment of both plywood adhesives resulted in protection of teak plywood from termite (subterranean) attack. Roszaini *et al.* (2006) studied the rating of termite attack on teak wood for four weeks

in Malaysia and estimated a rating of 9.53. In a previous research, Grace and Yamamoto (1994) reported the rating of untreated teak wood and that treated with Copper Chrome Arsenic (CCA) against attack by *Coptertomes formosanus* termite for 28 days. The author estimated a rating of 10.00 for CCA treated teak, which reduced to 6.80 for the untreated samples. Nakabonge and Matovu (2021) tested two termite species of *M. bellicosus* and *M. subhyalinus* on *Eucalyptus grandis* and concluded that *M. bellicosus* was more destructive as indicated by a mean percentage loss of 51.5% compared to 39.2% for the latter. In this study, we found that the attack rating of *Macrotomes carbonarius* on teak wood varied with temperature. The rating was high for higher temperatures when compared with the control and lower temperatures.

A thermal treatment of eight minutes on teak plywood indicated that the lowest termite resistance for the PF group was for the control (8.03), while the highest resistance was for the thermally treated plywood at 220°C (9.46 or 90-100%), which indicated that a thermal treatment at high temperature improved the protection of teak plywood from termite damage. Similarly, the UF control group had the lowest rating (7.80 or 10-30%), while the highest rating was for the plywood with thermal treatment at 240°C (9.51 or 90-100%), with the

high temperature treatment resulting in a decreased termite attack of the teak plywood product. Hence, we conclude that thermally treated plywood at 240°C for both adhesives resulted in a higher protection rating against termite attack. Additionally, the control samples for both PF and UF teak plywoods thermally treated for 12 minutes had the lowest attack rating (8.03 and 7.80 respectively), while the highest attack rating was obtained at 240°C (9.78 and 9.85 respectively). We conclude that

this duration of time results in an optimum protection of wood against termite attacks.

Table 3 shows significant differences as obtained from multiple comparisons of one-way ANOVA analysis. For both PF and UF plywood, it was confirmed that control rating was significantly different from thermal treatment at different temperature levels based on various time durations $p < 0.05$. The termite attack rating tended to improve with high temperature treatment.

Table 3 The results of one-way ANOVA analysis of thermal treatment of PF and UF teak plywood at different temperature levels.

Time (minutes)	Temperature (I) (°C)	Temperature (J) (°C)	Mean different (I-J)	St. E	P-value	Mean different	St. E	P-value
4	Control	180	-1.08*	0.20	0.00	-1.31*	0.13	0.00
		200	-1.28*	0.20	0.00	-1.71*	0.13	0.00
		220	-0.96*	0.20	0.00	-1.53*	0.13	0.00
		240	-1.72*	0.20	0.00	-1.96*	0.13	0.00
	180	200	-0.20	0.20	0.33	-0.40*	0.13	0.00
		220	0.11	0.20	0.57	-0.21	0.13	0.11
		240	-0.63*	0.20	0.00	-0.65*	0.13	0.00
	200	220	0.31	0.20	0.12	0.18	0.13	0.18
		240	-0.43*	0.20	0.03	-0.25	0.13	0.06
	220	240	-0.75*	0.20	0.00	-0.43*	0.13	0.00
8	Control	180	-0.86*	0.23	0.00	-1.20*	0.15	0.00
		200	-0.58*	0.23	0.01	-1.50*	0.15	0.00
		220	-1.43*	0.23	0.00	-1.41*	0.15	0.00
		240	-1.28*	0.23	0.00	-1.71*	0.15	0.00
	180	200	0.28	0.23	0.23	-0.30	0.15	0.05
		220	-0.56*	0.23	0.01	-0.21	0.15	0.16
		240	-0.41	0.23	0.07	-0.51*	0.15	0.00
	200	220	-0.85*	0.23	0.00	0.18	0.13	0.18
		240	-0.70*	0.23	0.00	-0.25	0.13	0.06
	220	240	0.15	0.23	0.52	-0.30	0.15	0.05
12	Control	180	-1.08*	0.16	0.00	-1.11*	0.15	0.00
		200	-1.33*	0.16	0.00	-1.05*	0.15	0.00
		220	-1.73*	0.16	0.00	-1.50*	0.15	0.00
		240	-1.75*	0.16	0.00	-2.05*	0.15	0.00
	180	200	-0.25	0.16	0.12	0.06	0.15	0.66
		220	-0.65*	0.16	0.00	-0.38*	0.15	0.01
		240	-0.66*	0.16	0.00	-0.93*	0.15	0.00
	200	220	-0.40*	0.16	0.01	-0.45*	0.15	0.00
		240	-0.41*	0.16	0.01	-1.00*	0.15	0.00
	220	240	-0.01	0.16	0.91	-0.55*	0.15	0.00

The Figure 1 is a graph of termite attack rating for both the thermally treated teak plywood products. For both products, it was confirmed that thermal treatment at different levels of temperature resulted in protection of plywood product, with an above moderate significant linear regression analysis for PF ($R^2=0.6789$ and $p<0.05$), and highly significant for UF ($R^2=0.8548$ and $p<0.05$).

The Figure 2 graphs the attack rating against the length of time for which the product was thermally treated, for both PF and UF plywood products. The modelled relationship through the linear regression analysis indicated to a lower significant for both PF and UF ($R^2=0.2198$ and 0.105 and $p>0.05$, respectively). The length of time for thermal treatment was not found to be significant for thermally treated teak plywood products.

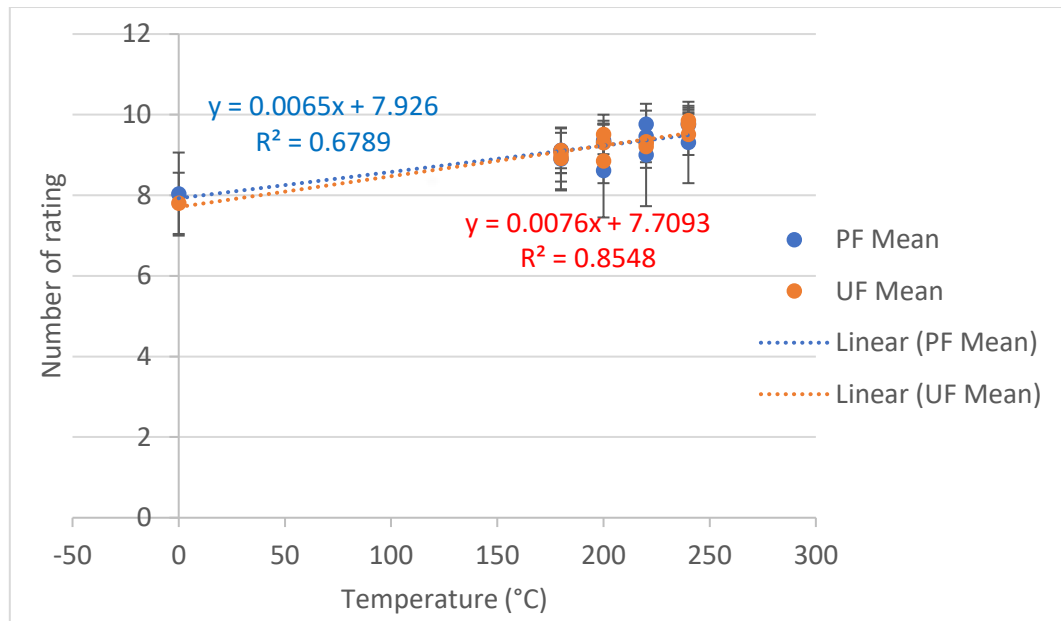


Figure 1 Rating of thermally treated teak plywood products attacked by *Macrotomes carbonarius* termite at different temperature levels.

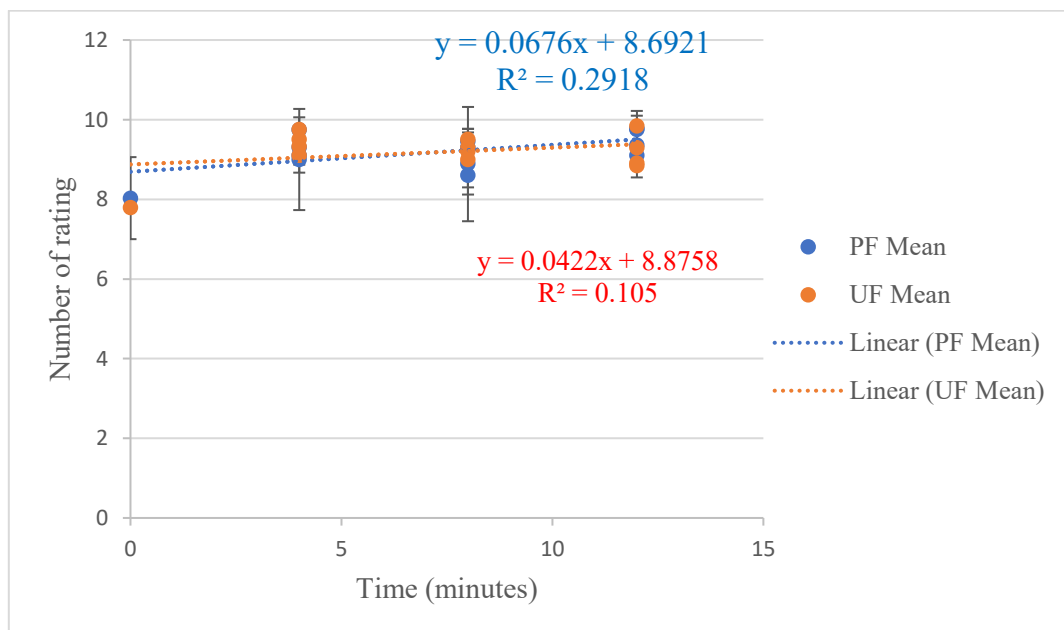


Figure 2 Rating of thermally treated teak plywood products attacked by *Macrotomes carbonarius* termite for various lengths of time.

CONCLUSION

The different levels of temperature at control, (180, 200, 220, and 240°C) based on a thermal treatment of 4, 8, and 12 minutes of for had the lowest termite resistant rating and was significantly different. At 220 and 240°C and based on a thermal treatment duration of 4, 8, and 12 mins, the rating level of termite resistance was higher.

We conclude that a thermal treatment at higher temperatures given a length of time can protect young teak plywood. The minimum recommended temperature for thermal treatment of such products is 220°C for 12 minutes.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful for the support of the *Second Strengthening Higher Education Project* (SSHEP), Department of Height Education, Grant No 0500-LAO. The tuition fee was supported by Kasetsart University. Thanks are given to the Department Forest Economics and Wood Technology, Faculty of Forest Science, National University of Laos that allowed to use experimental equipment and facility. Also, thanks to the supervision from the Department of Forest Products KU.

REFERENCES

- Arinana, A., Aldina, R., Nandika, D., Rauf, A., Harahap, I.S., Sumertajaya, I.M., Bahtiar, E.T. 2016. Termite Diversity in Urban Landscape, South Jakarta, Indonesia. **Insects**, 7:20. <https://doi.org/10.3390/insects7020020>
- Australian/New Zealand Standard. 2012. **Plywood-Structural. Part 0: Specifications**. Australia: Council of Standard Australia, Australia.
- Bekhta, P., Sedliacik, J., Saldan, R., Novak, I. 2016. Effect of different hardeners for urea-formaldehyde resin on properties of birch plywood. **Acta Facultatis Xylogiae Zvolen**, 58: 65-72. doi:10.17423/afx.2016.58.2.07
- Dunky, M. 1998. Urea-formaldehyde (UF) adhesive resins for wood. **International Journal of Adhesion and Adhesives**, 18(2), 95-107. doi:10.1016/s0143-7496(97)00054-7
- Dunky, M. 2003. Adhesives in the Wood Industry. In: **Handbook of Adhesive Technology**. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Isanapong, J. 2016. Roles of Verrucomicrobia in lower termite hindgut. **The Journal of Applied Science**, 15(2): 103-119. doi:doi:10.14416/j.appsci.2016.12.001 (in Thai)
- Kausar, A. 2017. Role of thermosetting polymer in structural composite. **American Journal of Polymer Science & Engineering**, 5(1): 1-12.
- Grace, J.K., Yamamoto, R.T. 1994. Natural resistance of Alaska-cedar, redwood, and teak to Formosan subterranean termites. **Forest Products Journal**, 44(3): 41-45.
- Li, H., Lu, J., Mo, J. 2012. Physiochemical lignocellulose modification in the formosan subterranean termite *Coptotermes Formosanus* Shiraki (Isoptera: Rhinotermitidae) and potential uses in the production of biofuels. **Bioresources**, 7(1): 675-685.
- Lukmandaru, G. 2015. Chemical Characteristics of Teak Wood Attacked by *Neotermes tectonae*. **BioResources**, 10(2): 2094-2102. doi:10.15376/biores.10.2.2094-2102
- Lwin, M., Yezin, Tawm N.P. 2003. Study on utilization of plantation teak pre-project CFC/ITTO 73 FT PPD 68/03 Rev.2 (I). In: **Hand Book on Properties of Plantation Teak in Myanmar**. Ministry of Forestry, Forest Department Myanmar: CFC/ITTO 73 FT PPD 68/03 Rev.2 (I), Myanmar.
- Miyagawa, S., Koyama, Y., Kokubo, M., Matsushita, Y., Adachi, Y., Sivilay, S., Kawakubo, N., Oba, S. 2011. Indigenous utilization of termite mounds and their sustainability in a rice growing village of the central plain of Laos. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, 7(1): 24. doi: 10.1186/1746-4269-7-24
- Moubarik, A., Pizzi, A., Allal, A., Charrier, F., Charrier, B. 2009. Cornstarch and tannin in phenol-formaldehyde resins for plywood production. **Industrial Crops and Products**, 30(2): 188-193. doi:10.1016/j.indcrop.2009.03.005

- Nakabonge, G., Matovu, B. 2021. Variation in susceptibility of *Eucalyptus grandis* and selected hybrid clones to two termite species *Macrotermes bellicosus* and *M. subhyalinus* in Uganda. **All Life**, 14(1): 120-126. doi: 10.1080/26895293.2021.1883126
- Norton. 2019. **Durability Workshop. Retrieved from State of Queensland:** <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, 18 August 2023.
- Nuryawan, A., Risnasari, I., Sucipto, T., Heri Iswanto, A., Rosmala Dewi, R. 2017. Urea-formaldehyde resins: production, application, and testing. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, 223(1): 012053. doi: 10.1088/1757-899X/223/1/012053
- Pacific Agribusiness Research and Development Initiative. 2007. **Teak Value Chain Review**. University of Adilade: Australaine Center for International Agriculture Research, Australia.
- Thipsantia, P. 2011. **Biodiversity of Termites and their Relationship to Dry Dipterocarp and Dry Evergreen Ecosystems at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima Province**. M.S. Thesis, Institute of Science. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand. (in Thai)
- Roszaini, K., Salmiah, U., Dahlan, J.M. 2006. Natural Resistance of Timbers to Termite Attack: Laboratory Evaluation of the Resistance of Malaysian Wood Against *Coptotermes Curvignathus* (Holmgren). **Journal of the Institute of Wood Science**, 17(3): 178-182. doi: 10.1179/wsc.2006.17.3.178
- Rust, M.K., Su, N.Y. 2012. Managing social insects of urban importance. **Annual Review of Entomology**, 57(1): 355-75. doi:10.1146/annurev-ento-120710-100634
- Sornnuwat, Y., Vongkaluang, C., Chutibhapakorn, S. 2003. Foraging patterns of termite species in the living complex of Bangkanoon forest plantation, Phuket province, southern Thailand. **The International Research Group on Wood Preservation**. Document IRG/WP, 03-10481. Brisbane, Australia.
- Su, N.Y., Scheffrahn, R.H. 2000. Termites as Pests of Buildings. In: Abe, T., Bignell, D.E., Higashi, M. (eds). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. Springer Netherlands. Dordrecht, pp. 437-453. doi: 10.1007/978-94-017-3223-920
- Thai Commercial Corperation LTD. No dated. **Technical Document of Plywood Class E-2**. In. Thailand. (in Thai)
- TOA-Dovechem Industries Co.Ltd. No dated. **Phenol Formaldehyde**. Samut Prakarn, Thailand.
- Wang, X., Li, J., Zhang, J., Gao, Q. 2012. Technics and Properties of Plywood Manufacture with Modified Urea-Formaldehyde Resin. **Advanced Materials Research**, 602-604: 743-746. doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.602-604.743
- Vongkaluang, C., Charoenkrung, K. 2008. Termites: prevention and removal. In: **Termites**. Bangkok: Aksorn Siam. Bangkok, Thailand. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การทดสอบสายต้นกระถินลูกผสม ณ สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา

A Clonal Test of *Acacia* Hybrid at Lad Krating Plantation,
Chachoengsao Provinceโสภิดา ยี่สุนส์^{1,2}สมพร แม่ลิ้ม^{1*}วาทีณี สวนผกา¹นิเวศน์ ปานรอด³Sopida Yeeseen^{1,2}Somporn Maelim^{1*}Wathinee Suanpaga¹Niwet Panrod³¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900¹Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand²กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900²Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand³สวนป่าลาดกระทิง สนาชัยเขต ฉะเชิงเทรา 24160³Lad Krating Plantation, Sanam Chai Khet, Chachoengsao 24160, Thailand

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

รับต้นฉบับ 4 ตุลาคม 2566

รับแก้ไข 21 พฤศจิกายน 2566

รับลงพิมพ์ 27 พฤศจิกายน 2566

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate the variation in growth, survival, and phenological characteristics of an *Acacia* hybrid at Lad Krating plantation, Chachoengsao Province to select clones suitable for the Lad Krating plantation. A total of 37 clones were selected, out of which 27 clones were selected from the clone bank of Lad Krating plantation and 10 clones were obtained from the Royal Forest Department (RFD) through a randomized complete block design (RCBD) with four replicates from the 37 clones. Growth characteristics were measured every six months and phenology characteristics (stem straightness, axis persistence, and branch thickness) were collected for 24 month old trees.

Results of the study indicated that the average diameter at breast height (DBH) at ages 6, 12, 18, and 24 months were 1.40 ± 0.57 , 4.19 ± 1.07 , 6.23 ± 1.40 , and 8.08 ± 1.68 cm, respectively, while the average heights were 2.50 ± 0.45 , 4.22 ± 0.76 , 6.81 ± 1.24 and 8.96 ± 1.40 m, respectively. The survival rate for trees of age 6, 12, 18, and 24 months-old were $91.34 \pm 9.42\%$, $93.92 \pm 6.94\%$, $88.30 \pm 11.33\%$ and $86.97 \pm 11.72\%$, respectively. The measured phenology characteristics for 24 month old trees indicated that the stem straightness (on a scale of 4 points) had an average score of 3.31 ± 0.67 , axis persistence (on a scale of 6 points) had an average score of 3.24 ± 1.17 , and the branch thickness (on a scale of 4 points) had an average score of 2.07 ± 0.92 . Most characteristics of *Acacia* hybrids from the RFD had a high growth performance and phenology characteristics apart from branch thickness. The clones ranked according to five characteristics DBH, height, survival rate, stem straightness, axis persistence and branch thickness indicated, that clones No. 34, 33, 31, 37 and 35 had the highest performance at the Lad Krating plantation.

Keywords: Clonal test; *Acacia* hybrid; Growth; Phenology

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบอัตราการเติบโต อัตราการรอดตาย และลักษณะทางสัณฐานวิทยาบางประการของสายต้นกระถินลูกผสม (กระถินเทพาและกระถินณรงค์) ที่ปลูกทดสอบสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา และคัดเลือกสายต้นที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของสวนป่าลาดกระทิง โดยใช้กระถินลูกผสมทั้งหมด 37 สายต้น ซึ่งคัดเลือกจากธนาคารสายต้นของสวนป่าลาดกระทิง จำนวน 27 สายต้น (Clone No. 1-27) และ จำนวน 10 สายต้น (Clone No. 31-40) จากกรมป่าไม้ โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ แต่ละซ้ำประกอบด้วย 37 สายต้น ทำการวัดการเติบโต ทุก ๆ 6 เดือน และประเมินลักษณะรูปทรง (การแตกง่ามของลำต้น ความตรงของลำต้น และขนาดของกิ่ง) เมื่ออายุ 24 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยที่อายุ 6, 12, 18, และ 24 เดือน มีค่าเท่ากับ 1.40 ± 0.57 , 4.19 ± 1.07 , 6.23 ± 1.40 และ 8.08 ± 1.68 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงเฉลี่ยที่อายุ 6, 12, 18, และ 24 เดือน มีค่าเท่ากับ 2.50 ± 0.45 , 4.22 ± 0.76 , 6.81 ± 1.24 และ 8.96 ± 1.40 เมตร ตามลำดับ อัตราการรอดตายเฉลี่ยที่อายุ 6, 12, 18, และ 24 เดือน มีค่าเท่ากับ ร้อยละ 91.34 ± 9.42 , 93.92 ± 6.94 , 88.30 ± 11.33 และ 86.97 ± 11.72 ตามลำดับ และการศึกษารูปทรง ที่อายุ 24 เดือน พบว่า การแตกง่ามของลำต้น (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.31 ± 0.67 ความตรงของลำต้น (คะแนนเต็ม 6 คะแนน) มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.24 ± 1.17 และขนาดของกิ่ง (คะแนนเต็ม 4 คะแนน) มีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.07 ± 0.92 ซึ่งจากผลการศึกษาไม่กระถินลูกผสม ที่ได้มาจากกรมป่าไม้แสดงลักษณะที่ดี ยกเว้นขนาดของกิ่ง เมื่อจัดลำดับคะแนนโดยใช้เกณฑ์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง อัตราการรอดตาย การแตกง่าม ความตรง และขนาดของกิ่ง พบว่า 5 ลำดับสายต้นที่ดีที่สุดจากการทดสอบในแปลงปลูกที่สวนป่าลาดกระทิง ได้แก่ Clone No. 34, 33, 31, 37 และ 35 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การทดสอบสายต้น กระถินลูกผสม การเติบโต ลักษณะรูปทรงของต้นไม้

คำนำ

อดีตประเทศไทยเป็นประเทศที่มีทรัพยากรป่าไม้อุดมสมบูรณ์มาก แต่ในสถานการณ์ ปัจจุบันกลับพบว่าทรัพยากรป่าไม้ ได้ลดลงเป็นจำนวนมาก โดยตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560-2564) และแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี มีเป้าหมายที่จะเพิ่มพื้นที่ป่าให้ได้ร้อยละ 40 ของพื้นที่ในประเทศ โดยแบ่งเป็นป่าเพื่อการอนุรักษ์ ร้อยละ 25 และพื้นที่เศรษฐกิจร้อยละ 15 ของพื้นที่ในประเทศ ดังนั้น การปลูกสร้างสวนป่าอาจเป็นตัวเลือกที่ดีในการเพิ่มพื้นที่ป่าเศรษฐกิจ และเพื่อตอบสนองต่อการใช้ไม้ที่ไม่ลดลงในปัจจุบัน

ไม้สกุลกระถินหรืออะเคเซีย (*Acacia* spp.) เป็นไม้โตเร็ว (fast growing tree species) อยู่ในวงศ์ Fabaceae มีอยู่ประมาณ 1,350 ชนิด ทั่วโลก โดยเกือบ 1,000 ชนิด มีถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลีย และปาปัวนิวกินี และมากกว่า 70 ประเทศ ทั่วโลกได้มีการนำไม้สกุลนี้ไปปลูกเป็นไม้โตเร็วต่างถิ่น โดยปลูกเพื่อการสร้างสวนป่าเชิงเศรษฐกิจ ปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม เนื่องจากเป็นกลุ่มไม้โตเร็วและมีประสิทธิภาพในการบำรุงดิน และปลูกเพื่อเป็นไม้ใช้สอย ซึ่งไม้สกุลอะเคเซีย

มีระบบรากที่มีคุณสมบัติในการตรึงไนโตรเจน (nitrogen-fixing) โดยมีการพึ่งพาอาศัยกัน ระหว่างแบคทีเรียไรโซเบียม (rhizobium) ที่เข้าสู่รากฝอยบริเวณผิวดิน และเชื้อราไมคอร์ไรซา ช่วยดูดธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองทำให้สามารถเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ แม้ในพื้นที่ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ (Ungwichian *et al.*, 1985; Pattanasupong, 1993) ไม้สกุลอะเคเซียเป็นไม้โตเร็วที่มีความสำคัญมาก ของภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เมื่อปรับปรุงพันธุ์แล้วสามารถปลูกเป็นสวนป่าขนาดใหญ่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจสูงมาก สำหรับประเทศไทยไม้สกุลอะเคเซียมีการเติบโตที่ดีและเป็นไม้สำคัญทางเศรษฐกิจ ที่ได้รับความสนใจมากเรื่องการเติบโตและความสามารถในการปรับปรุงดิน ประเทศไทยมีการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ ได้แก่ กระถินเทพา และกระถินณรงค์ เพื่อให้เติบโตเร็วและมีการผลิตเนื้อไม้สูง โดยกระถินลูกผสมมีลักษณะลำต้นเปลาตรง เติบโตดี และสามารถปลูกและเจริญเติบโตได้หลายพื้นที่ จึงมีความเหมาะสมที่สุดในการเลือกนำมาปลูก เพื่อศึกษา ศักยภาพในการเติบโต และเป็นแนวทางในการนำไปปลูกสร้างสวนป่าได้อย่างเหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และพื้นที่ของเกษตรกรผู้สนใจ

ลงทุนปลูกสวนป่าเศรษฐกิจ เพื่อเพิ่มมูลค่าของพื้นที่ และเพื่อเพิ่มรายได้อีกทางหนึ่งต่อไป

กระถินลูกผสมในพื้นที่ประเทศไทยส่วนใหญ่ เกิดจากการผสมข้ามตามธรรมชาติ บริเวณสวนป่าลาดกระทิง โดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ได้มีการเก็บสายต้นกระถินที่มีลักษณะเป็นลูกผสมในรูปแบบธนาคารสายต้นหรือสวนรวมพันธุ์ (clone bank) แต่ยังคงขาดข้อมูลการศึกษาด้านการเติบโต จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเพื่อค้นหาสายต้นกระถินลูกผสมของสวนป่าลาดกระทิงที่มีอัตราการเติบโตดีเพื่อจะสามารถส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจต่อไปได้ ซึ่งจากการศึกษาสายต้นกระถินลูกผสม ณ สวนป่าลาดกระทิง เพื่อคัดเลือกสายต้นที่ดี ที่สามารถส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าเศรษฐกิจในครั้งนี้ นั้น สายต้นกระถินลูกผสมของสวนป่าลาดกระทิงมีอัตราการรอดตายที่ดี ซึ่งอาจนำมาพัฒนาและส่งเสริมในการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจต่อไปได้ ในการศึกษาครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์ศึกษาเปรียบเทียบอัตราด้านการเติบโต และอัตราการรอดตาย รวมถึงประเมินลักษณะรูปทรงของสายต้นกระถินลูกผสมของสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา สำหรับคัดเลือกสายต้นกระถินลูกผสมที่เติบโตดี เพื่อส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่าเพื่อเศรษฐกิจต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการ

1. สายต้นกระถินลูกผสมที่ใช้ทดลอง

ใช้กระถินลูกผสมทั้งหมด 37 สายต้น โดยเป็นสายต้นกระถินลูกผสมขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จำนวน 27 สายต้น (Clone No. 1-27) ที่ได้มาจากการผสมข้ามตามธรรมชาติระหว่างกระถินเทพาและกระถินณรงค์ภายในสวนป่าลาดกระทิง และสายต้นกระถินลูกผสมที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ จำนวน 10 สายต้น (Clone No. 31-40)

2. การวางแผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ (4 บล็อก) แต่ละซ้ำจะประกอบด้วยกระถินลูกผสม 37 สายต้น หรือแปลงย่อย โดยแต่ละแปลงย่อยทำการปลูกกระถินลูกผสมสายต้นเดียวกันจำนวน 16 ต้น ใช้ระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร

3. การเก็บข้อมูล

3.1 ใช้เครื่องมือวัดความสูงต้นไม้ (haga altimeter) และไม้วัดความสูงวัดความสูงของต้นไม้ทุกต้นในแปลงทดสอบสายต้น

3.2 ใช้เทปวัดขนาดความโต (diameter tape) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง

3.3 ประเมินรูปทรงลำต้น โดยแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือ ลักษณะการแตกง่ามของลำต้น (axis persistence, AP) ความตรงของลำต้น (stem straightness, SS) และขนาดของกิ่ง (branch thickness, BT) (Pinyopusarerk, 1990) โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

- 1) การแตกง่ามของลำต้น ระดับคะแนน 1 – 6 คะแนน
 - ระดับที่ 1 ลำต้นแตกง่ามที่ระดับพื้นดิน
 - ระดับที่ 2 ลำต้นแตกง่ามที่ระดับความสูงจากพื้นดินไม่เกินหนึ่งในสี่ของลำต้น
 - ระดับที่ 3 ลำต้นแตกง่ามที่ระดับความสูงจากพื้นดินระหว่างหนึ่งในสี่ถึงหนึ่งในสองของลำต้น
 - ระดับที่ 4 ลำต้นแตกง่ามที่ระดับความสูงจากพื้นดินระหว่างสองในสี่ถึงสามในสี่ของลำต้น
 - ระดับที่ 5 ลำต้นแตกง่ามที่ระดับความสูงจากพื้นดินกว่าสามในสี่ของความสูงของลำต้น
 - ระดับที่ 6 ไม่มีการแตกง่ามของลำต้นเลย
- 2) ความตรงของลำต้น ระดับคะแนน 1 – 4 คะแนน
 - ระดับที่ 1 ลำต้นคดงอมาก หรือมีลำต้นคดงอมากกว่าสองแห่ง
 - ระดับที่ 2 ลำต้นคดงอเล็กน้อย หรือมีลำต้นคดงอน้อยกว่าสองแห่ง
 - ระดับที่ 3 ลำต้นค่อนข้างตรง โดยมีลำต้นคดงอเล็กน้อย
 - ระดับที่ 4 ลำต้นเปลาตรง
- 3) ขนาดของกิ่ง ระดับ 1 – 4 คะแนน
 - ระดับที่ 1 มีกิ่งที่มีขนาดใหญ่มาก โดยมีกิ่งขนาดใหญ่มากกว่า 2 กิ่งที่มีขนาดความโตมากกว่าหนึ่งในสามของลำต้น
 - ระดับที่ 2 มีกิ่งที่มีขนาดใหญ่มาก โดยมีกิ่งขนาดใหญ่ 2 กิ่งที่มีขนาดความโตมากกว่าหนึ่งในสามของลำต้น
 - ระดับที่ 3 มีกิ่งที่มีขนาดเล็ก โดยมีกิ่งขนาดใหญ่ 1 กิ่งที่มีขนาดความโตมากกว่าหนึ่งในสามของลำต้น
 - ระดับที่ 4 มีกิ่งที่มีขนาดเล็กมาก โดยกิ่งทั่วไปมีขนาดความโตน้อยกว่าหนึ่งในสามของลำต้น

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลการเติบโต อัตราการรอดตาย และรูปทรง ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance (ANOVA) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ (โปรแกรม R)

5. การจัดลำดับคะแนน

การคัดเลือกสายต้นกระถินลูกผสมที่ให้การเติบโตดี ลักษณะรูปทรงที่ดี และมีอัตราการรอดตายสูง ได้กำหนดเกณฑ์ต่างๆที่ใช้ทั้งหมด 5 เกณฑ์ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height, DBH) ความสูง (height, H) ความตรงของลำต้น (SS) การแตกง่ามของลำต้น (AP) และขนาดของกิ่ง (BT) โดยการให้คะแนนสูงสุดของแต่ละเกณฑ์จะมีค่าไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา ซึ่งการศึกษานี้กระถินลูกผสมจะต้องมีความโตและความสูงที่ดี โดยการให้คะแนนสูงสุดในแต่ละเกณฑ์ใช้การประยุกต์ มาจากการคัดเลือกแม่ไม้สับดำ ของ Misha (2009) และการคัดเลือกแม่ไม้เทพทาโรของ Pipatwattanukul *et al.* (2010) โดยใช้วิธีการ Paired comparison ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบเกณฑ์ในการคัดเลือกทีละคู่ โดยมีวิธีการให้คะแนน คือ 1 = มีความสำคัญมากกว่า 0 = มีความสำคัญเท่ากัน และ -1 = มีความสำคัญน้อยกว่า

ผลและวิจารณ์

การเติบโต

การเติบโตของกระถินลูกผสมในแปลงทดลองสวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา ทั้งหมด 37 สายต้น ทำการศึกษาการเติบโตโดยการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของไม้ที่มีอายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน โดยผลการเติบโตของกระถินลูกผสมที่ได้ทำการศึกษาในช่วงอายุดังกล่าว ปรากฏผลดังนี้

1. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

ค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ดีที่สุดของกระถินลูกผสม 10 สายต้นแรกของไม้ที่มีอายุ 6 เดือน ทั้งหมด เป็นกระถินลูกผสมที่สวนป่าลาดกระทิงนำมาปลูกทดสอบ ส่วนค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ดีที่สุดของกระถินลูกผสม 10 สายต้นแรก ของไม้ที่มีอายุ 12, 18 และ 24 เดือน จะมีค่าเฉลี่ยของกระถินลูกผสมที่เป็นสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ปะปนมาด้วย โดยสายต้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ดีที่สุดของทั้งสามช่วงอายุดังกล่าว ได้แก่ Clone No. 33 และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของกระถินลูกผสมทั้ง 37 สายต้นที่นำมาทดสอบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุที่มากขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุ ดังนี้

กระถินลูกผสม ที่อายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน มีค่าเฉลี่ยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 1.40, 4.19, 6.23 และ 8.08 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสายต้นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่อายุ 6 เดือน คือ Clone No. 23 โดยมีค่าเท่ากับ 1.78 เซนติเมตร และสายต้นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่อายุ 12, 18 และ 24 เดือน คือ Clone No. 33 โดยมีค่าเท่ากับ 4.68, 6.96 และ 9.09 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Average diameter at breast height of the top 10 *Acacia* hybrids at ages 6, 12, 18, and 24 months old in the clonal test at the Lat Krating Plantation, Chachoengsao province

Diameter at breast height (cm)							
Clone No.	6 M	Clone No.	12 M	Clone No.	18 M	Clone No.	24 M
23	1.78±0.75	33	4.68±1.19	33	6.96±1.27	33	9.09±1.45
19	1.77±0.61	34	4.65±1.28	31	6.89±1.56	36	8.88±1.94
26	1.68±0.65	23	4.65±1.02	26	6.79±1.59	31	8.84±1.98
18	1.61±0.48	10	4.62±0.86	34	6.78±1.66	34	8.72±2.08
21	1.58±0.60	19	4.57±0.93	35	6.73±1.52	35	8.72±1.47
10	1.58±0.54	31	4.55±1.13	10	6.64±1.27	37	8.60±2.04
2	1.57±0.65	35	4.55±1.05	23	6.58±1.28	26	8.54±2.01
12	1.56±0.49	2	4.55±1.30	19	6.57±1.63	9	8.49±1.87
27	1.55±0.54	21	4.48±0.82	36	6.55±1.65	10	8.46±1.66
17	1.54±0.54	25	4.47±1.01	12	6.48±1.12	21	8.39±1.41
Over all mean	1.40±0.57		4.19±1.07		6.23±1.40		8.08±1.68
F value	10.18**		6.303**		18.457**		4.592**

Remarks: M = months ** = highly significant at $p < 0.01$

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของสายต้นกระถินลูกผสมในทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของกระถินลูกผสมทั้ง 37 สายต้น จะเห็นว่าในช่วงอายุ 6 เดือน Clone No. 23 ซึ่งเป็นกระถินลูกผสมที่สวนป่าลาดกระทิงนำมาปลูกทดสอบ เจริญเติบโตได้ดีที่สุด หลังจากนั้นในช่วงอายุ 12, 18 และ 24 เดือน ซึ่งเป็นกระถินลูกผสมที่เป็นพันธุ์ที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ เจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกดีที่สุดของทั้งสามช่วงอายุดังกล่าว โดยความโตเฉลี่ยที่อายุ 24 เดือน ของสายต้นที่มีความโตดีที่สุดคือ Clone No. 33 มีความโตเฉลี่ยเท่ากับ 9.09 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ Haruthaithanasan *et al.* (2010), Jumwong (2006) และ Thepchatri *et al.* (2018) ที่ศึกษาการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของกระถินที่อายุ 24 เดือน มีความโตเฉลี่ย 4.41, 3.81 และ 7.40 เซนติเมตร ตามลำดับ และการศึกษาของ Kha (2000) ที่ศึกษาการเติบโตด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของกระถินที่อายุ 30 เดือน มีความโตเฉลี่ย 5.20 เซนติเมตร โดยจะเห็นได้ว่ากระถิน

ลูกผสม Clone No. 33 ซึ่งเป็นสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ มีความโตเฉลี่ยที่ดีกว่าสายต้นขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้

2. ความสูง

ค่าเฉลี่ยความสูงที่ดีที่สุดของกระถินลูกผสม 10 สายต้นแรกของไม้ที่มีอายุ 6 เดือน ส่วนใหญ่เป็นกระถินลูกผสมที่สวนป่าลาดกระทิงนำมาปลูกทดสอบ ส่วนค่าเฉลี่ยความสูงที่ดีที่สุดของกระถินลูกผสม 10 สายต้นแรก ของไม้ที่มีอายุ 6, 18, และ 24 เดือน ส่วนใหญ่กระถินลูกผสมที่เป็นพันธุ์ที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ โดยสายต้นที่มีความสูงที่ดีที่สุดของกระถินลูกผสม ที่อายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน ได้แก่ Clone No. 27, Clone No. 35, Clone No. 33 และ Clone No. 34 ตามลำดับ และความสูงของกระถินลูกผสมทั้ง 37 สายต้นที่นำมาทดสอบ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมีอายุที่มากขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละช่วงอายุ ดังนี้

กระถินลูกผสม ที่อายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน มีค่าเฉลี่ยความสูงเท่ากับ 2.5, 4.22, 6.81 และ 8.96 เมตร ตามลำดับ ซึ่งสายต้นที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่อายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน ได้แก่ Clone No. 27 สูงเฉลี่ย 2.77 เมตร Clone No. 35 สูงเฉลี่ย 2.74 เมตร Clone No. 33 สูงเฉลี่ย 7.82 เมตร และ Clone No. 34 สูงเฉลี่ย 10.40 เมตร ตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Average height of the top 10 *Acacia* hybrids at ages 6, 12, 18, and 24 months old in the clonal test at the Lat Krating Plantation, Chachoengsao province

Height (m)							
Clone No.	6 M	Clone No.	12 M	Clone No.	18 M	Clone No.	24 M
27	2.77±0.50	35	4.79±0.76	33	7.82±1.08	34	10.4±1.69
19	2.74±0.49	33	4.78±0.91	37	7.46±1.71	37	9.97±1.88
23	2.71±0.48	31	4.70±0.85	31	7.43±1.35	33	9.86±1.31
18	2.70±0.41	37	4.60±1.31	36	7.34±1.60	31	9.69±1.79
12	2.66±0.37	34	4.52±0.86	34	7.31±1.16	27	9.61±1.35
33	2.65±0.41	2	4.51±0.87	35	7.26±1.26	36	9.60±2.00
2	2.65±0.52	25	4.47±0.75	7	7.25±1.66	35	9.48±1.37
21	2.64±0.42	10	4.42±0.45	19	7.22±1.59	2	9.41±1.84
35	2.64±0.51	16	4.38±0.81	2	7.20±1.57	7	9.24±1.66
31	2.62±0.42	23	4.37±0.60	32	7.19±1.24	21	9.10±1.25
Over all mean	2.50±0.45		4.22±0.76		6.81±1.24		8.96±1.40
F value	9.235**		6.525**		6.134**		6.883**

Remarks: M = months ** = highly significant at $p < 0.01$

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ความสูงของ
กระถินลูกผสม ในทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษามีความแตกต่างกัน
อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาความสูงของ
กระถินลูกผสมทั้ง 37 สายต้น จะเห็นว่าในช่วงอายุ 6 เดือน
Clone No. 27 ซึ่งเป็นกระถินลูกผสมที่สวนป่าลาดกระบัง
นำมาปลูกทดสอบ เจริญเติบโตได้ดีที่สุด หลังจากนั้นในช่วงอายุ
12, 18 และ 24 เดือน Clone No. 35, Clone No. 33 และ
Clone No. 34 ตามลำดับ ซึ่งเป็นกระถินลูกผสมที่เป็นพันธุ์ที่
ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ เจริญเติบโตทางด้านความสูงดีที่สุดของ
ทั้งสามช่วงอายุดังกล่าว โดยความสูงเฉลี่ยที่อายุ 24 เดือน ของ
สายต้นที่มีความสูงดีที่สุดคือ Clone No. 34 มีความโตเฉลี่ย
เท่ากับ 10.40 เมตร ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของ
Haruthaithanasan *et al.* (2010) Jumwong (2006) และ
Thepchatri *et al.* (2018) ที่ศึกษาการเติบโตด้านความสูงของ
กระถินอายุ 24 เดือน มีความสูงเฉลี่ย 7.30, 3.36 และ 9.9.
เมตร ตามลำดับ และการศึกษาของ Kha (2000) ที่ศึกษาการ
เติบโตด้านความสูงของกระถินที่อายุ 30 เดือน มีความสูงเฉลี่ย
4.50 เมตร โดยจะเห็นว่ากระถินลูกผสม Clone No. 27 ซึ่ง
เป็นสายต้นของสวนป่าลาดกระบัง มีความสูงเฉลี่ยที่ดีกว่า

อัตราการรอดตาย

ค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายที่ดีที่สุดของกระถินลูกผสม
10 สายต้นแรกของไม้ในทุกช่วงอายุ เกือบทั้งหมดเป็นกระถิน
ลูกผสมที่สวนป่าลาดกระบังนำมาปลูกทดสอบ โดยสายต้นที่มี
อัตราการรอดตายที่ดีที่สุดที่อายุ 6 เดือน ได้แก่ Clone No. 16
สายต้นที่มีอัตราการรอดตายที่ดีที่สุดที่อายุ 12 เดือน ได้แก่
Clone No. 12 สายต้นที่มีอัตราการรอดตายที่ดีที่สุดที่อายุ 18
เดือน และ 24 เดือน ได้แก่ Clone No. 10 และอัตราการรอด
ตายของกระถินลูกผสมทั้ง 37 สายต้นที่นำมาทดสอบ มี
แนวโน้มรอดตายลดลง เมื่อมีอายุที่มากขึ้น โดยที่อายุ 6, 12,
18 และ 24 เดือน มีค่าเฉลี่ยอัตราการรอดตายเท่ากับร้อยละ
91.34, 93.92, 88.30 และ 86.97 ตามลำดับ ซึ่งสายต้นที่มีค่าเฉลี่ย
การรอดตายสูงสุดที่อายุ 6 เดือน ได้แก่ Clone No. 16 อัตรา
รอดตายร้อยละ 100 ที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ Clone No. 12 อัตรา
รอดตายร้อยละ 100 ที่อายุ 18 และ 24 เดือน ได้แก่ Clone
No. 10 อัตรารอดตายร้อยละ 98.44 ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 Average survival rate of the top 10 *Acacia* hybrids at ages 6, 12, 18 and 24 months old in the clonal test at the Lat Krating Plantation, Chachoengsao province

Survival rate (%)							
Clone No.	6 M	Clone No.	12 M	Clone No.	18 M	Clone No.	24 M
16	100.00±0.00	12	100.00±0.00	10	98.44±3.13	10	98.44±3.13
12	98.44±3.13	16	100.00±0.00	6	96.88±6.25	24	95.31±5.98
17	98.44±3.13	24	100.00±0.00	2	95.31±5.98	4	95.31±3.13
24	98.44±2.13	6	100.00±0.00	35	95.31±3.13	6	95.31±9.38
6	98.44±3.13	10	98.44±3.13	4	95.31±3.13	20	93.75±7.22
19	96.88±6.25	17	98.44±3.13	20	93.75±7.22	22	93.75±8.84
2	96.88±3.61	2	98.44±3.13	22	93.75±8.84	26	93.75±8.84
22	96.88±3.61	22	98.44±3.13	24	93.75±5.10	35	93.75±0.00
23	96.88±3.61	23	98.44±3.13	12	92.19±11.83	12	92.19±11.83
27	96.88±3.61	26	98.44±3.13	23	92.19±15.63	25	92.19±5.98
Over all mean	91.34±9.42		93.92±6.94		88.30±11.33		86.97±11.72
F value	1.258 ^{ns}		1.435 ^{ns}		1.102 ^{ns}		1.047 ^{ns}

Remarks: M = Months ^{ns} = non-significant

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า อัตราการรอดตาย
ของกระถินลูกผสม ในทุกช่วงอายุที่ทำการศึกษาในทุกช่วงอายุ
มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และ
จากการศึกษาอัตราการรอดตายของกระถินลูกผสมทั้ง 37

สายต้น จะเห็นว่าในทุกช่วงอายุ กระถินลูกผสมที่สวนป่าลาดกระบัง
นำมาปลูกทดสอบ มีอัตราการรอดตายที่ดีที่สุด ซึ่งสอดคล้อง
กับการศึกษาของ Thepchatri *et al.* (2018) พบว่า อัตราการ
รอดตายของกระถินเทพณรงค์ที่อายุ 6, 12 และ 18 เดือน

มีอัตราการรอดตาย ร้อยละ 100 ในขณะที่การศึกษาของ Haruthaithanasan *et al.* (2010) พบว่า อัตราการรอดตายของกระถินเทพนรงค์ที่อายุ 12 เดือน มีอัตราการรอดตายเฉลี่ยร้อยละ 84.99

รูปทรงลำต้น

ค่าเฉลี่ยความตรงของลำต้น (stem straightness) และการแตกง่ามของลำต้น (axis persistence) ที่ค่าคะแนนเฉลี่ยดีที่สุดของกระถินลูกผสม 10 สายต้นแรกในช่วงอายุ 24 เดือนส่วนใหญ่เป็นกระถินลูกผสมที่เป็นพันธุ์ที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้

และขนาดของกิ่ง (branch thickness) ที่ดีค่าคะแนนเฉลี่ยดีที่สุดของกระถินลูกผสม 10 สายต้น แรกในช่วงอายุ 24 เดือนเป็นกระถินลูกผสมที่สวนป่าลาดกระทิงนำมาปลูกทดสอบ

สายต้นที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนความตรงของลำต้นที่ดีที่สุดคือ Clone No. 31 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86 คะแนน

สายต้นที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนการแตกง่ามของลำต้น ที่ดีที่สุดคือ Clone No. 36 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.84 คะแนน

สายต้นที่มีค่าเฉลี่ยคะแนนขนาดของกิ่งที่ดีที่สุดคือ Clone No. 15 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.40 คะแนน (Table 4)

Table 4 Average stem form of the top 10 *Acacia* hybrids aged 24 months old in the clonal test at the Lat Krating Plantation, Chachoengsao province.

Clone No.	Stem straightness	Clone No.	Axis persistence	Clone No.	Branch thickness
31	3.86±0.35	36	3.84±1.16	15	2.40±0.91
37	3.73±0.49	37	3.82±1.32	16	2.38±0.89
35	3.70±0.50	31	3.75±1.28	18	2.34±0.83
38	3.62±0.60	34	3.66±1.40	4	2.28±0.86
7	3.59±0.58	1	3.57±1.30	35	2.27±1.10
34	3.58±0.84	33	3.57±1.30	9	2.24±0.82
33	3.53±0.54	7	3.5±1.19	31	2.24±1.06
32	3.53±0.57	35	3.43±1.31	37	2.16±0.90
1	3.45±0.58	9	3.43±1.09	7	2.15±0.92
16	3.43±0.72	19	3.33±1.17	14	2.14±0.94
Overall mean	3.31±0.67	Overall mean	3.24±1.17	Overall mean	2.07±0.92
F value	6.748**	F value	3.598**	F value	3.942**

Remarks: Stem straightness Scores= 4, Axis persistence Scores = 6, Branching habits Scores = 4

** = highly significant at $p < 0.01$

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า ลักษณะรูปทรงของกระถินลูกผสมทั้ง 3 ลักษณะ เมื่อมีอายุ 24 เดือนที่ทำการศึกษา มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ลักษณะรูปทรงของกระถินลูกผสมทั้ง 3 ลักษณะ เมื่อมีอายุ 24 เดือน กล่าวได้ว่ากระถินลูกผสมมีลักษณะรูปทรงของลำต้นค่อนข้างตรง และมีความโค้งงอเล็กน้อย ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี มีความใกล้เคียงกับการศึกษาลักษณะรูปทรงของกระถินลูกผสมของ Kliangsaard (2013) และการศึกษาลักษณะรูปทรงของไม้ยูคาลิปตัสเพลลิต้า ของ Tedsorn and Luangviriyaseng (2016) โดย

เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาลักษณะรูปทรงของไม้ชนิดอื่น ๆ เช่น การศึกษาลักษณะรูปทรงไม้สักของ Wattanasuktamnan *et al.* (2016) พบว่า รูปทรงของไม้สักมีลักษณะที่ดีกว่ากระถินลูกผสมเล็กน้อย ซึ่งมีค่าคะแนนของความตรงของลำต้น การแตกง่ามของลำต้น และขนาดของกิ่ง เท่ากับ 3.06, 4.71 และ 2.72 ตามลำดับ แต่การศึกษาลักษณะรูปทรงของไม้ประดู่ของ Boonrod *et al.* (2016) พบว่า กระถินลูกผสมมีลักษณะรูปทรงลำต้นดีกว่าไม้ประดู่ ซึ่งมีค่าคะแนนของความตรงของลำต้น การแตกง่ามของลำต้น และขนาดของกิ่ง เท่ากับ 2.07, 2.17 และ 2.02 ตามลำดับ

การคัดเลือกสายต้นที่มีการเติบโตดี ลักษณะรูปทรงดี และมีอัตราการรอดตายสูง

การจัดลำดับคะแนน

การคัดเลือกสายต้นกระถินลูกผสมที่ให้การเติบโตดี ลักษณะรูปทรงที่ดี และมีอัตราการรอดตายสูง ได้กำหนดเกณฑ์

ต่างๆที่ใช้ทั้งหมด 5 เกณฑ์ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ความสูง (H) ความตรงของลำต้น (SS) การแตกง่ามของลำต้น (AP) และขนาดของกิ่ง (BT) โดยใช้วิธีการ Paired comparison ซึ่งให้คะแนน คือ 1 = มีความสำคัญมากกว่า 0 = มีความสำคัญเท่ากัน และ -1 = มีความสำคัญน้อยกว่า (Table 5)

Table 5 Score values for selecting *Acacia* hybrid with a good growth and stem form.

	DBH	H	SS	AP	BT
Diameter at breast height (DBH)		0	-1	-1	-1
Height (H)	0		-1	-1	-1
Stem straightness (SS)	1	1		0	0
Axis persistence (AP)	1	1	0		0
Branch thickness (BT)	1	1	0	0	
Sum	3	3	-2	-2	-2
F	4	4	4	4	4
Sum+F	7	7	2	2	2
Relative weight (%)	35	35	10	10	10

Remarks: Sum = Total score F = Number of criteria for selecting appropriate trees -1

$$\text{Relative weight (\%)} = \frac{\text{Sum}+F}{\sum_{j=1}^n (\text{Sum}+F)} \times 100$$

จาก Table 5 ทำให้ทราบค่าคะแนนสูงสุดในแต่ละเกณฑ์ ดังนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงระดับคะแนนสูงสุดเท่ากับ 35 คะแนน

ความตรงของลำต้น การแตกง่ามของลำต้น และขนาดของกิ่ง ระดับคะแนนสูงสุดเท่ากับ 10 คะแนน

จากระดับคะแนนสูงสุดของแต่ละเกณฑ์ ต้องนำมาแจกแจงเป็นระดับคะแนนย่อย โดยการให้คะแนนย่อยจะแบ่งออก

ตามเปอร์เซ็นต์ความเด่นของแต่ละสายต้นต่อสายต้นทั้งหมด (% superiority of each clone of total clone) หลังจากทำการจัดลำดับคะแนนโดยการนำ 5 ลักษณะ ที่ได้จากการเติบโต และการประเมินรูปทรงของลำต้น ของกระถินลูกผสม ซึ่งได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก การแตกง่าม ของลำต้น ความตรงของลำต้น และขนาดของกิ่ง และให้คะแนนย่อยกับแต่ละสายต้นแล้ว พบว่า 5 ลำดับสายต้นที่ดีที่สุดที่เหมาะสมกับการส่งเสริมการปลูกสร้างสวนป่า ได้แก่ Clone No. 34, 33, 31, 37, 35 ตามลำดับ ซึ่งทั้ง 5 สายต้นเป็นสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ ดังแสดงใน Table 6

Table 6 Average score of the top 10 *Acacia* hybrids aged 24 months old in the clonal test at the Lat Krating Plantation, Chachoengsao province.

Rank	Clone No.	Score					
		DBH	H	SS	AP	BT	Total
1	34	30	35	7	8	4	84
2	33	35	28	7	7	4	81
3	31	32	25	10	8	5	80
4	37	28	30	9	9	4	80
5	35	30	22	9	6	6	73
6	36	32	24	6	9	2	73
7	7	21	19	8	6	4	58
8	26	27	16	5	4	4	56
9	9	26	14	4	6	5	55
10	32	23	17	7	3	3	53

สรุป

จากการศึกษาค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ความสูง และอัตราการรอดตายของกระถินลูกผสม ทั้งหมด 37 สายต้น ที่อายุ 6, 12, 18 และ 24 เดือน พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และความสูงของสายต้นกระถินลูกผสม ของสวนป่าลาดกระทิง โดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ มีการเจริญเติบโตได้ดี ในช่วงอายุ 6 เดือนแรก และสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้เจริญเติบโตได้ดีกว่า ในช่วงอายุ 12, 18 และ 24 เดือน ส่วนอัตราการรอดตายของสายต้นกระถินลูกผสมของสวนป่าลาดกระทิง โดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ มีอัตราการรอดตายที่ดีกว่าสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ในทุก ๆ ช่วงอายุ และที่อายุ 24 เดือน สายต้นกระถินลูกผสมที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ มีรูปทรงที่ดีกว่าสายต้นกระถินลูกผสมของสวนป่าลาดกระทิง และเมื่อจัดลำดับคะแนน เพื่อหาสายต้นที่เหมาะสมสำหรับส่งเสริมการปลูกไม้เพื่อเศรษฐกิจ พบว่า 5 ลำดับแรก เป็นสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาดังกล่าวเป็นเพียงการศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพของกระถินลูกผสมสายต้นที่ส่งเสริมโดยกรมป่าไม้ และสายต้นกระถินลูกผสมของสวนป่าลาดกระทิง โดยองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ ในเบื้องต้น ซึ่งหากจะศึกษาเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์ไม้ ควรจะศึกษาและเก็บข้อมูลของกระถินลูกผสมทั้งสองสายต้นจนถึงอายุ 6-7 ปี เพื่อสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ไม้ต่อไป

REFERENCES

- Boonrod, R., Suanpaga, W., Maelim, S. 2016. Effect of spacing on growth and biomass of 22-year-old *Pterocarpus macrocarpus* Kurz at Ratchaburi Silvicultural Research Station, Pak Tho district, Ratchaburi province. In: **The 10th Silviculture Seminar**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp. 60-71. (in Thai)
- Haruthaithanasan, M., Haruthaithanasan, K., Thanawat, A., Phromlert, S., Baysangchan, A. 2010. The potential of *Leucaena leucocephala*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Acacia mangium* and *Acacia* spp. (*mangium* x *auriculaeformis*) as plantation crops for. In: **The 48th Kasetsart University Annual Conference: Plants**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp. 599-607. (in Thai)
- Jumwong, N. 2006. **Site Potential Evaluation of *Acacia mangium* Willd. Plantation Area in Trat Province, Thailand**. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kliangsard, T. 2013. **Growth and Stem form of 3-year-old *Acacia* Hybrid (*Acacia mangium* x**

- Acacia auriculaeformis*) on an abandoned mine at the Phang Nga Silvicultural Research Station. Takua Pa District Phang Nga Province. Senior project, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Kha, L.D. 2000. Study on natural hybrids of *Acacia mangium* and *A. Auriculiformis* in Vietnam. **Journal of Tropical Forest Science**, 12(4): 794-803.
- Mishra, D.K. 2009. Selection of candidate plus phenotype of *Jatropha curcas* L. using method of paired comparisons. **Biomass & Bioenergy**, 33: 542-545.
- Pattanasupong, A. 1993. **In Vitro Propagation and Rhizobium Nodulation of *Acacia mangium* Willd.** M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Pinyopusarerk, K. 1990. ***Acacia auriculiformis*: An Annotated Bibliography**. Winrock International-F/FRED and ACIAR, Bangkok, Thailand
- Pipatwattanukul, D., Sunthorncharoenon, N., Maelim, S., Bunyuen, S. 2010. **Genetic Diversity Conservation of *Cinnamomum porrectum* (Roxb.) Kosterm.: Genetic Resources of *Cinnamomum porrectum* (Roxb.) Kosterm.** National Research Council of Thailand, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Thepchattri, T., Diloksumpun, S., Haruthaithanasan, M. 2018. Clonal variations in growth and some leaf functional traits of *Acacia* hybrid in Fang district, Chaing Mai province. **Thai Journal of Forestry**, 37(1): 84-95. (in Thai)
- Tedsorn, N., Luangviriyaseng, W. 2016. Variation in growth and morphological characteristics of *Eucalyptus pellita*, In: **The 10th Forestry Seminar**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp. 13-21. (in Thai)
- Ungwichian, I., Chandrasiri, S., Supattanakul, W., Yantasart, K. 1985. ***Acacia auriculiformis* an Interesting Fast-growing Plant**. Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Wattanasuksakul, S., Pianhanurak, P., Pianhanurak, C., Krongkijisiri, W., Chuayna, C. 2016. Evaluation of 7 - year-old teak (*Tectona grandis* L.f.) in full-sib progeny test. In: **The 10th Silvicultural Seminar**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. pp. 22-32. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างป่าและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นในป่าบริเวณพื้นที่

หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน

Forest Structure and Carbon Storage of trees in the Huai Sataeng Watershed

Management Unit, Thung Chang District, Nan Province

กานต์ธัญญ์ กวินพลอาสา^{1*}Kanttanut Kawinpolasa^{1*}ธนากร ลัทธิตีระสุวรรณ¹Thanakorn Lattirasuvan¹ทีฆา โยธากิตติ²Teeke Yatapakdee²อิสริย์ ชาวปินใจ³Isaree Howpinjai³¹ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้แพร่-เฉลิมพระเกียรติ แพร่¹ Student, Master of Science Program in Forest Management, Maejo University Phrae Campus, Thailand² สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ประยุกต์เพื่อการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยแม่โจ้แพร่-เฉลิมพระเกียรติ² Bachelor of Economics Program in Applied Economics for Community Development, Maejo University Phrae Campus, Thailand³ สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้แพร่-เฉลิมพระเกียรติ³ Bachelor of Science Program in Forest Industry Technology, Maejo University Phrae Campus, Thailand

* Corresponding author; e-mail address: k.posirisakul@gmail.com

รับต้นฉบับ 2 เมษายน 2566

รับแก้ไข 1 มิถุนายน 2566

รับลงพิมพ์ 20 มิถุนายน 2566

ABSTRACT

This study aimed to investigate the forest structure and carbon storage of trees in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province. The forest area in the unit is located at elevation ranging from 500 - 900 m above sea level. Sample plots of size 40 m x 40 m were placed according to the specific height above the mean sea levels of 500, 600, 700, 800 and 900 m, respectively. In each plot, trees, saplings and seedling data were collected to assess the relative density, relative frequency, relative dominance, and importance value index (IVI). The biomass also was calculated using allometric equations and the carbon stocks were estimated. The unit had a total of 89 species in 69 genera and 42 families of plants. The density of tree, saplings, and seedlings were 803, 40,500 and 764,000 (tree/ha), respectively. The top five indicator tree species in the Huai Sataeng Watershed Management Unit were *Lithocarpus fenestratus*, *Aporosa villosa*, *Croton persimilis*, *Pterocarpus macrocarpus*, and *Schima wallichii*. The total aboveground biomass of all species was 423.49 t/ha, with the tree, saplings, and bamboo biomass contributing 367.74, 1.83 and 53.92 t/ha, respectively. Additionally, the total carbon stock was estimated at 199.04 t/ha.

Keywords: Plan diversity; Biomass; Carbon stocks; Watershed area

บทคัดย่อ

งานศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างป่าและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้บริเวณป่าในพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน ซึ่งพื้นที่ป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงอยู่ในช่วงระดับความสูงตั้งแต่ 500 – 900 เมตร จึงเลือกเก็บตัวอย่างโดยการวางแปลงตัวอย่างตามช่วงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่ 500 เมตร, 600 เมตร, 700 เมตร, 800 เมตร และ 900 เมตร ตามลำดับ วางแปลงตัวอย่างขนาด 40 เมตร x 40 เมตร แบบเจาะจง (purposive sampling) ในแต่ละแปลงตัวอย่างดำเนินการเก็บข้อมูลของไม้ใหญ่ ไม้หนุม และลูกไม้ แล้วนำมาวิเคราะห์ความถี่ ความหนาแน่น ความเด่น และค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (IVI) และประเมินมวลชีวภาพ โดยใช้สมการแอลโลเมตรีและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของเนื้อไม้ ผลการศึกษา พบพรรณไม้ทั้งหมด 89 ชนิด 69 สกุล 42 วงศ์ ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ ไม้หนุม และกล้าไม้ เท่ากับ 803, 40,500 และ 764,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความหลายของชนิดพันธุ์ พบว่า ก่อพวง (*Lithocarpus fenestratus*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis*) ประดู่ป่า ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และทะเลี (*Schima wallichii*) เป็นไม้ดัชนีสำคัญของป่าแห่งนี้ สำหรับมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพรรณไม้ทุกชนิด เท่ากับ 423.49 ต้นต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ ไม้หนุม และไม้ไผ่ เท่ากับ 367.74, 1.83 และ 53.92 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ทุกชนิดเท่ากับ 199.04 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์

คำสำคัญ : ความหลากหลายของพืช มวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอน พื้นที่ป่าต้นน้ำ

คำนำ

ประเทศไทยได้ลงนามรับรองความตกลงในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเมื่อวันที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2559 ส่งผลให้ไทยต้องมีส่วนร่วมในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเพิ่มขึ้น เป็นร้อยละ 20-25 ภายในปี พ.ศ. 2573 และมีการทบทวนเพื่อเพิ่มระดับการปล่อยก๊าซเรือนกระจกทุก 5 ปี (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2016) ก่อให้เกิดนัยสำคัญต่อการพัฒนาประเทศที่จะต้องเร่งดำเนินการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในทุกภาคส่วน ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ ร้อยละ 31.59 ของประเทศ หรือ 102.2 ล้านไร่ (Royal Forest Department, 2021) ประเทศไทยมีความตระหนักถึงปัญหาของการสูญเสียพื้นที่ป่าและเห็นความสำคัญของการจัดการพื้นที่ระบบนิเวศและการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ เพราะต้นไม้สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและเปลี่ยนแปลงสภาพให้เป็นคาร์บอนที่กักเก็บหรือสะสมอยู่ในรูปของมวลชีวภาพ (biomass) ในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ เช่น ลำต้น กิ่ง ใบ และราก เป็นต้น ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ป่าเป็นการเพิ่มการสะสมคาร์บอนและลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนในระยะยาว (Kanhom *et al*, 2019) หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง เป็นหน่วยงานสังกัดกรมอุทยานแห่งชาติ

สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2544 โดยมีภารกิจในการดูแล รักษา ปันฟู บริหารจัดการพื้นที่ป่าต้นน้ำ พื้นที่รับผิดชอบอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านตอนบน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 500-900 เมตร สภาพป่าเป็นป่าผสมผลัดใบ มีพื้นที่ทั้งหมด 97,046 ไร่ เป็นพื้นที่ป่า 33,055 ไร่ หรือร้อยละ 34 ของพื้นที่ทั้งหมด (Huai Sataeng Watershed Management Unit, 2021) นอกจากนี้พื้นที่นี้จะเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารแล้ว ยังเป็นแหล่งรวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพ เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน และยังเป็นแหล่งผลิตจากป่าไม้ใช้เนื้อไม้แก่คนชุมชนโดยรอบพื้นที่ทั้งด้านอาหาร สมุนไพร และเป็นแหล่งพักผ่อนหย่อนใจ เนื่องจากพื้นที่นี้ยังไม่มีมีการศึกษาด้านการสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในพื้นที่มาก่อน การศึกษานี้จะทำให้ทราบถึงความหลากหลายของชนิดพันธุ์ โครงสร้างป่าที่เป็นปัจจุบันทราบถึงปริมาณการสะสมมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้ในป่าของพื้นที่หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน และจะได้มีฐานข้อมูลทรัพยากรที่เป็นปัจจุบัน และสามารถนำข้อมูลไปใช้เพื่อการวางแผนในการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าต้นน้ำให้มีความอุดมสมบูรณ์ เพื่อให้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนได้ที่มีประสิทธิภาพเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ และสามารถนำข้อมูลมาจัดการด้านการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ร่วมกันกับชุมชนโดยรอบอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยได้ดำเนินการในพื้นที่ป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง ตำบลงอบ อำเภอทุ่งช้าง จังหวัดน่าน ตั้งอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำสาขาย่อย คือ ลุ่มน้ำน่าน ตอนบน พื้นที่ทั้งหมด 97,046 ไร่ เป็นพื้นที่ป่าประมาณ 33,055 ไร่ หรือร้อยละ 34 ของพื้นที่ทั้งหมด ร้อยละ 66 เป็นพื้นที่ที่อยู่อาศัยและพื้นที่ทำการเกษตรกรรม (Figure 1) ชนิดป่า

ในพื้นที่ศึกษาเป็นป่าผสมผลัดใบ มีป่าเบญจพรรณกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ และพบป่าเต็งรังอยู่ห่อมเล็ก ๆ ทางด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 500–900 เมตร ความลาดชันโดยเฉลี่ยร้อยละ 30–60 มีอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 32 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 39 องศาเซลเซียส ปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,000–1,300 มิลลิเมตร (Huai Sataeng Watershed Management Unit, 2021)

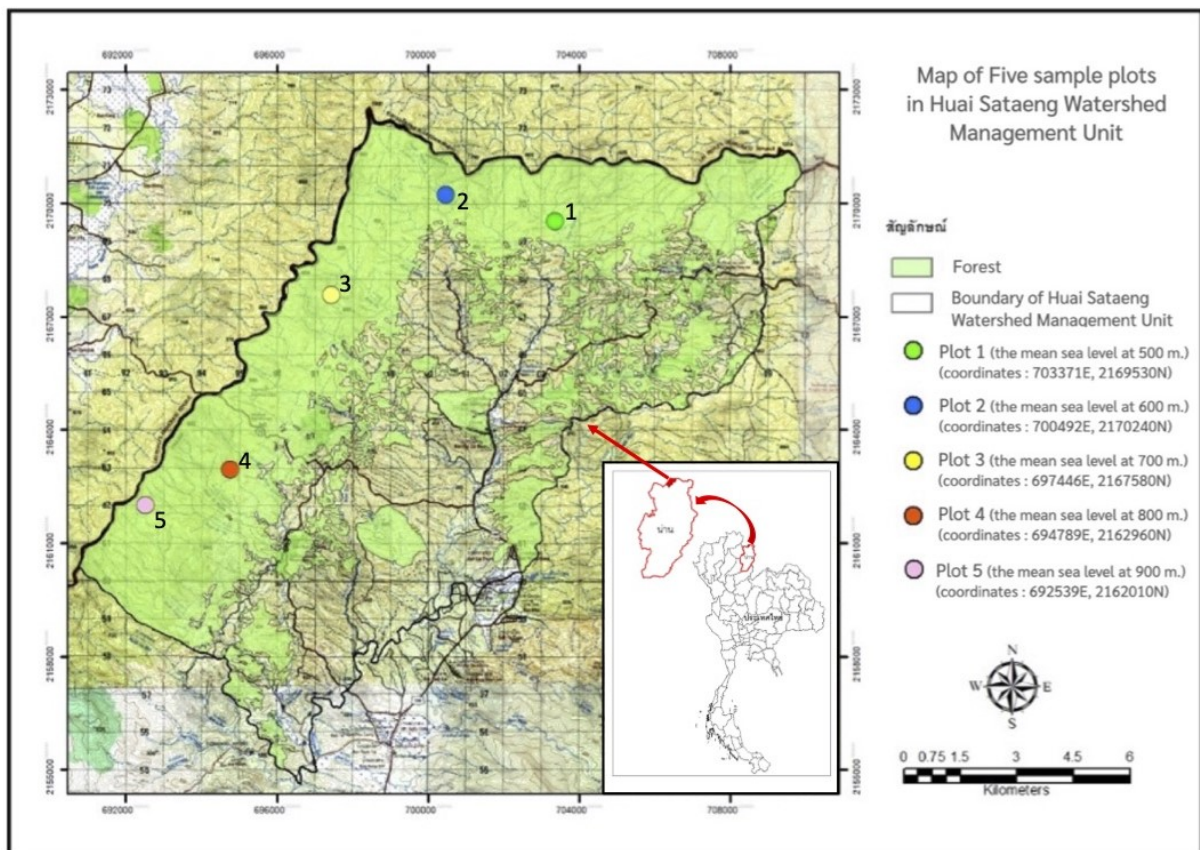


Figure 1 Sample plots in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province.

การเก็บข้อมูล

พื้นที่ป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงมีสภาพเป็นป่าผสมผลัดใบกระจายทั่วพื้นที่และมีระดับความสูงอยู่ระหว่าง 500–900 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลางเนื่องจากเป็นป่าประเภทเดียวกันจึงเลือกวางแปลงตัวอย่างตามช่วงระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แบ่งเป็น 5 ช่วง ๆ ละ 1 แปลง รวมเป็นจำนวน 5 แปลง ทำการวางแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร โดยกำหนดให้แปลงที่ 1 อยู่จากระดับความสูง 500 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แปลงที่ 2 ที่ระดับความสูง 600 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แปลงที่ 3 อยู่จากระดับความสูง

700 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง แปลงที่ 4 อยู่จากระดับความสูง 800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และแปลงที่ 5 อยู่จากระดับความสูง 900 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Figure 1) โดยภายในแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 16 แปลง ขนาด 10 เมตร x 10 เมตรซ้อนทับลงไป จากนั้นทำการสำรวจต้นไม้(ไม้ใหญ่)ทุกต้นที่มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปแล้วเก็บบันทึกข้อมูล ได้แก่ ชนิดไม้ จำนวนที่พบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) และความสูงของต้นไม้ทั้งหมด วางแปลงขนาด 4 เมตร x 4 เมตร ที่มุม

ล่างซ้ายของแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร เพื่อทำการเก็บข้อมูลไม้หนุ่มหรือไม้ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และความสูงตั้งแต่ 1.30 เมตรขึ้นไป วางแปลงขนาด 1 เมตร x 1 เมตร ที่มุมล่างซ้ายของแปลงขนาด 10 เมตร x 10 เมตร เพื่อทำการเก็บข้อมูลกล้าไม้ที่มีขนาด DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร และความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร ทำการบันทึกข้อมูลชนิดไม้และนับจำนวนกล้าไม้ทุกต้น

ภายในแปลง 10 เมตร x 10 เมตร ทำการเก็บข้อมูลไม้ไม่ไผ่ โดยการนับกอและจำนวนลำในแต่ละกอ ทำการสุ่มจำนวน 3 ลำต่อกอ เพื่อวัดขนาดความโตและความสูงเช่นเดียวกับไม้ใหญ่

ทำการวางแปลงขนาด 10 เมตร x 40 เมตร ที่ด้านขวาของแปลงขนาด 40 เมตร x 40 เมตรทุกแปลง เพื่อเก็บข้อมูลไม้ต้น (tree) ทุกต้นทำการวัดความโต ความสูงทั้งหมด ความสูงกิ่งแรก วัดขนาดเรือนยอดโดยวัดกิ่งที่ยื่นออกไปจากลำต้นทั้ง 4 ทิศ และนำข้อมูลมาจัดทำโครงสร้างทางด้านตั้ง (profile diagram) โดยการสเก็ตภาพต้นไม้แต่ละต้นลงในกระดาษกราฟ เพื่อให้เห็นลักษณะของลำต้นและลักษณะของเรือนยอด (stratification) โดยทำการสร้างกราฟความสูงด้านตั้ง (profile diagram) และการปกคลุมเรือนยอด (crown cover diagram) ของต้นไม้ที่ปรากฏในแปลง

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลเชิงปริมาณของพรรณไม้

นำข้อมูลต้นไม้ (ไม้ใหญ่) ไม้หนุ่ม และไม้ไม่ไผ่ จากการสำรวจมาคำนวณลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยา ประกอบด้วย ความถี่ (frequency, F) ความหนาแน่น (density, D) ความเด่น (dominance, Do) ความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density, RD) ความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance, RDo) และคำนวณค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ทุกชนิด (Important Value Index, IVI) ซึ่งเท่ากับค่าผลรวมของค่าความถี่สัมพัทธ์ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ส่วนกล้าไม้จะไม่มีค่าความเด่นสัมพัทธ์

2. ดัชนีความหลากหลายชนิด (species diversity index) คำนวณโดยใช้ Shannon-Wiener index (H') (Shannon and Wiener, 1949) ดังนี้

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

เมื่อ H' = ดัชนีความหลากหลายชนิด

P_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นของชนิดไม้ที่ i ต่อจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ทั้งหมดในแปลง

S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมด

3. คำนวณหามวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบของต้นไม้ของไม้ใหญ่และไม้หนุ่ม โดยใช้สมการแอลโลเมตรีป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ของ Ogawa *et al.* (1965) คือ

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

$$W_b = 0.003487 (D^2 H)^{1.0270}$$

$$W_l = ((28.0 / W_s + W_b) + 0.025)^{-1}$$

โดยที่ W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)

4. คำนวณหามวลชีวภาพของไม้ไม่ไผ่ โดยใช้สมการแอลโลเมตรี คือ

ไม้ไม่ไผ่ขา

$$W_t = 0.4174 (D)^{1.6645}$$

(Diloksumpun *et al.*, 2005)

ไม้ไม่ไผ่หัวกลม

$$W_t = 0.17446 (D^2)^{1.0437}$$

(Kutintara *et al.*, 1995)

ไม้ไม่ไผ่ไร่และไม้ไม่ไผ่ผาก $W_t = 0.2425 (D^2)^{1.0751}$

(Kutintara *et al.*, 1995)

โดยที่ W_t = มวลชีวภาพทั้งหมดของไม้ไม่ไผ่ (กิโลกรัม)

5. การประเมินการกักเก็บคาร์บอน สามารถประเมินได้จากค่าสัดส่วนของคาร์บอนในมวลชีวภาพของเนื้อไม้ คิดเป็นร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง แล้วคิดเทียบเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่พันธุ์ไม้สามารถดูดซับจากบรรยากาศโดยการคูณด้วยสัดส่วนน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน เท่ากับ 44/12 (Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2006)

ผลและวิจารณ์

ผลการสำรวจในพื้นที่ป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะเตง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดอำนาจเจริญ พบพรรณไม้ทั้งหมด 89 ชนิด 69 สกุล 42 วงศ์ ไม้ใหญ่พบพรรณไม้ 64 ชนิด 52 สกุล

34 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลายชนิดพันธุ์ของไม้ใหญ่เท่ากับ 3.31 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้ใหญ่โดยรวมเท่ากับ 11.35 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 803 ต้นต่อเฮกตาร์ (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ใหญ่ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความหลายของชนิดพันธุ์ พบว่า ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ก่อพวง (*Lithocarpus fenestratus*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) เปล้าใหญ่ (*Croton oblongifolius*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และทะโล้ (*Schima wallichii*) มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ เท่ากับร้อยละ 20.29, 20.20, 19.87, 18.39 และ 17.82 ตามลำดับ (Table 2) ไม้หนุ่มพบพรรณไม้ 42 ชนิด 39 สกุล 25 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลายของชนิดพันธุ์ของไม้หนุ่มเท่ากับ 3.17 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม้หนุ่มโดยรวมเท่ากับ 0.12 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้หนุ่มในสังคม เท่ากับ 40,500 ต้นต่อเฮกตาร์ เมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้หนุ่มในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ทุกชนิด พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าความสำคัญสูงสุด อันดับแรก ได้แก่ เปล้าใหญ่ เหมือดโลด ทะโล้ กระพี้เครือ (*Dalbergia foliacea*) และตัวเกลี้ยง (*Cratogeomys cochinchinense*) มีค่าเท่ากับร้อยละ 40.77, 24.13, 21.33, 20.81 และ 19.39 ตามลำดับ (Table 2) กล้าไม้พบพรรณไม้ 47 ชนิด 41 สกุล 27 วงศ์ มีค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ทุกชนิดของกล้าไม้เท่ากับ 3.14 มีความหนาแน่นของกล้าไม้ในสังคม เท่ากับ 764,000 ต้นต่อเฮกตาร์ (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดกล้าไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ทุกชนิด พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ตัวเกลี้ยง กระพี้เครือ ประดู่ป่า เปล้าใหญ่ และมันนาก (*Dioscorea bimanica*) มีค่าเท่ากับร้อยละ 26.62, 15.63, 11.44, 10.22 และ 9.61 ตามลำดับ (Table 2) และมีความหลากหลายชนิดของไม้ไผ่ทั้งหมด 3 ชนิด 3 สกุล 1 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลายชนิดของไม้ไผ่เท่ากับ 0.85 สังคมพืชบริเวณนี้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ไผ่โดยรวมเท่ากับ 0.0000015 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ มีความหนาแน่นของไม้ไผ่เฉลี่ยเท่ากับ 90 กอต่อเฮกตาร์ (2,423 ลำต่อเฮกตาร์) (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ไผ่ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความหลายของชนิดพันธุ์พบว่าชนิดไม้ไผ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 3 อันดับแรก ได้แก่ ไม้ไผ่ไร่ (*Gingantochloa albociliata*) ไม้ไผ่ข้าวหลาม (*Cephalostachyum pergracile*)

และไม้ไผ่ขางนวล (*Dendrocalamus membranaceus*) มีค่าเท่ากับร้อยละ 191.15, 92.06 และ 16.80 ตามลำดับ (Table 2)

เมื่อเปรียบเทียบจากการศึกษาของ Lattirasuvan (2012) ที่ได้ศึกษาโครงสร้างและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ในพื้นที่ต้นน้ำห้วยสะแตง พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์โดยคำนวณค่า Shannon-Wiener index (H') เท่ากับ 2.59, 1.30 และ 2.92 ตามลำดับ ชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับ ได้แก่ ประดู่ป่า เปล้าใหญ่ ก่อ (*Lithocarpus elegans*) มะกั้ม (*Canarium subulatum*) และกูก (*Lannea coromandelica*) มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม ลูกไม้ และไม้ไผ่ เท่ากับ 870, 1,270, 10,916.67 ต้นต่อเฮกตาร์ และ ความหนาแน่นของไม้ไผ่ 3,220 ลำต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ พบว่าจากการศึกษาครั้งนี้มีค่าดัชนีความหลากหลายที่สูงกว่า ส่วนค่าความหนาแน่นของไม้ใหญ่นั้นมีค่าน้อยกว่า และไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดเป็นไม้วงศ์ก่อ ซึ่งเป็นหนึ่งในห้าลำดับไม้เด่นเมื่อ 10 ปีที่แล้วที่ Lattirasuvan (2012) เคยได้ทำการศึกษาไว้ จะเห็นได้จากการดูแลพื้นที่ป่าแห่งนี้ตลอด 10 ปีที่ผ่านมาทำให้สังคมพืชป่าแห่งนี้ได้เกิดการทดแทนของสังคมพืชและกำลังฟื้นตัว ส่วนค่าความหนาแน่นของไม้หนุ่มและลูกไม้มีค่าสูงกว่าเนื่องจากสังคมป่าได้มีพื้นที่ฟื้นตัวและเกิดการทดแทนของสังคมพืชอย่างต่อเนื่อง และประกอบกับหลายปีที่ผ่านมา พื้นที่ป่าบางส่วนในหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงไม่มีการเกิดไฟป่าจึงเป็นการเปิดโอกาสให้กล้าไม้มีอัตราการรอดสูงและเพิ่มจำนวนมากขึ้น แต่เมื่อเทียบกับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไม้ไผ่ตามธรรมชาติบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ได้ศึกษาโดย Maosew *et al.* (2019) พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon-Wiener index (H') เท่ากับ 3.81 มีค่าความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 576.69 ต้นต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าดัชนีความหลากหลายมากกว่าป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าดัชนีความหลากหลายชนิดพรรณไม้ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ในพื้นที่ต้นน้ำบ้านห้วยขวาก อำเภอบ่อเกลือ จังหวัดน่าน ที่ได้ทำการศึกษาโดย Thiemtaisong (2017) พบว่ามีค่าดัชนีความหลายชนิดพรรณไม้เท่ากับ 3.32 จะเห็นว่าในพื้นที่ป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง มีความหลากหลายใกล้เคียงกับป่าอนุรักษ์บนพื้นที่ต้นน้ำของจังหวัดน่าน

สำหรับโครงสร้างป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงของพันธุ์ไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปสามารถแบ่งชั้นความสูงของไม้ยืนต้นออกเป็น 3 ชั้นเรือนยอดชั้นแรกไม้ที่สูงโดดเด่น (dominant layer) ตั้งแต่ 16-20 เมตร พันธุ์ไม้ที่สูงโดดเด่นในบริเวณนี้ คือ กระบก (*Irvingia malayana*) ชั้นเรือนยอดถัดลงมาเป็นชั้นเรือนยอดรองเด่น (secondary layer) มีความสูงตั้งแต่ 12 - 15 เมตร พันธุ์ไม้ที่ปรากฏในระดับนี้ ได้แก่ ก่อพวง ก่อเดือย ทะโล้ และชั้นเรือนยอดที่สาม คือชั้นเรือนยอดที่ถูกบดบัง (suppress layer) มีความสูงน้อยกว่า 10 เมตร พันธุ์ไม้ที่พบ ได้แก่ จำปิตอง (*Magnolia henryi*) ก่อพวง เหมือดโลด ก่อหุยม (*Castanopsis*

argyrophylla) ตาฉี่เคย (*Craibiodendron stellatum*) แข็งกวาง (*Wendlandia tinctoria*) ตัวเกลี้ยง ก่อเดือย ทะโล้ แสดงให้เห็นว่าต้นไม้ส่วนใหญ่ในป่ามีความสูงต่ำกว่า 10 เมตร (Figure 2) จะเห็นได้ว่าลักษณะของโครงสร้างป่าเป็นป่ารุ่นสองมีลูกไม้ที่เจริญเติบโตขึ้นเป็นไม้หนุ่มจำนวนมาก และมีพันธุ์ไม้ที่ปรากฏเป็นไม้จำพวกวงศ์ก่อ บางพื้นที่อาจจะพัฒนาจากป่าเบญจพรรณไปเป็นป่าดิบแล้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องวางแผนในการบริหารจัดการเรื่องการป้องกันไฟป่า ตลอดจนการดูแลพื้นที่ร่วมกับชุมชน สร้างความเข้าใจให้ชุมชน ทำให้ประชาชนในชุมชนรู้จักการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ได้รับกวนป่ามากเกินไปจนเกิดภัยพิบัติ (Figure 3)

Table 1 Tree species composition in the Haui Sataeng Watershed Management unit, Thung Chang district, Nan province.

Plant category	Species	Genus	Family	Shannon-Weiner index (H')	Stem density (stems/rai)	Stem density (stems /ha)
Tree	64	52	34	3.31	128.48	803
Sapling	42	39	25	3.17	6,480	40,500
Seedling	47	41	27	3.14	122,240	764,000
Bamboo	3	3	1	0.85	14.4 (clump/rai)	90 (clump/ha)

Table 2 The top five tree, sapling, and seedling based on importance index (IVI) in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province, including the relative dominance, relative density, and relative frequency.

Plant category	Scientific name	Family name	RDo(%)	RD(%)	RF(%)	IVI
Tree	1. <i>Lithocarpus fenestratus</i>	Fagaceae	14.03	3.74	2.52	20.29
	2. <i>Aporosa villosa</i>	Phyllanthaceae	5.09	10.90	4.20	20.20
	3. <i>Croton oblongifolius</i>	Euphorbiaceae	4.33	13.86	1.68	19.87
	4. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Fabaceae	9.57	5.45	3.36	18.39
	5. <i>Schima wallichii</i>	Theaceae	8.82	7.32	1.68	17.82
Sapling	1. <i>Croton persimilis</i>	Euphorbiaceae	23.31	13.89	3.57	40.77
	2. <i>Aporosa villosa</i>	Phyllanthaceae	11.96	7.41	4.76	24.13
	3. <i>Schima wallichii</i>	Theaceae	11.49	8.64	1.19	21.33
	4. <i>Dalbergia foliacea</i>	Fabaceae	6.53	8.33	5.95	20.81
	5. <i>Cratogeomys cochinchinense</i>	Hypericaceae	6.30	8.33	4.76	19.39
Seedling	1. <i>Cratogeomys cochinchinense</i>	Hypericaceae	-	20.94	5.68	26.62
	2. <i>Dalbergia foliacea</i>	Fabaceae	-	9.95	5.68	15.63
	3. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	Fabaceae	-	5.76	5.68	11.44
	4. <i>Croton persimilis</i>	Euphorbiaceae	-	6.81	3.41	10.22
	5. <i>Dioscorea cirrhosa</i>	Dioscoreaceae	-	3.93	5.68	9.61
Bamboo	1. <i>Gigantochloa albociliata</i>	Poaceae	5.01	41.07	55.56	191.15
	2. <i>Cephalostachyum pergracile</i>	Poaceae	0.47	53.72	33.33	92.06
	3. <i>Dendrocalamus membranaceus</i>	Poaceae	94.52	5.21	11.11	16.80

Remarks: All importance value index (IVI) of trees, saplings, seedlings are listed in Appendixes 1-3.

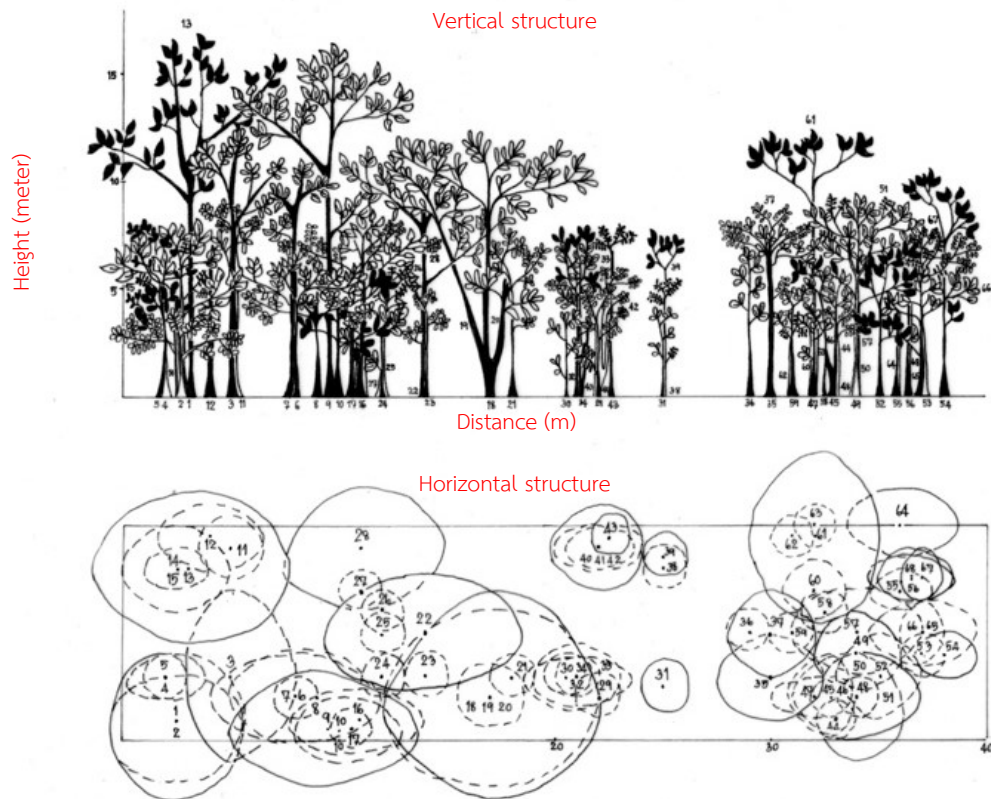


Figure 2 Profile and crown cover diagram of forest characteristics (at 800 m above Sea level) in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province.

Remarks: Wood types appearing in the mixed forest plant communities including *Castanopsis argyrophylla* (1,5,12), *Lithocarpus fenestratus* (2,3,8,10,11,28,50,57,68), *Aporosa villosa* (4,23,27,32,36,38,40). - 49,51,53,58-60,62,63) *Craibiodendron stellatum* (6,21,24,31,33,34,52,55,65) *Magnolia henryi* (7) *Irvingia malayana* (9,13) *Wendlandia tinctoria* (14,15,56,64,66,67) (*Castanopsis echinocarpa* (16,17,25,37,54,61) *Schima wallichii* (18,19,20) *Lithocarpus elegans* (22) *Cratoxylum cochinchinense* (30,39)

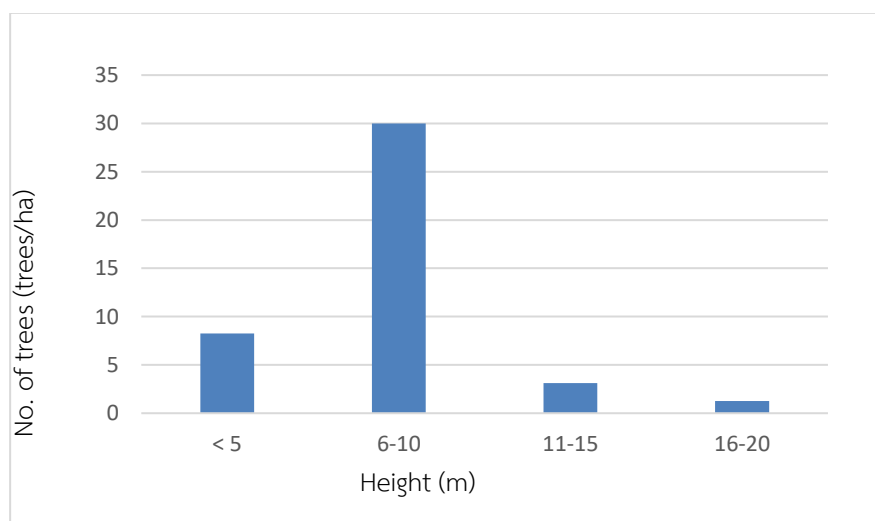


Figure 3 Height distribution of trees in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province (at 800 m above Sea level).

การสะสมมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน

มวลชีวภาพรวม (total biomass) ของพรรณไม้ทุกชนิดบริเวณป่าหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง เท่ากับ 423.01 ตันต่อเฮกตาร์ โดยมีมวลชีวภาพรวมของไม้ใหญ่คิดเป็น 367.74 ตันต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นมวลชีวภาพของลำต้น (stem) กิ่ง (branch) และใบ (leaf) เท่ากับ 286.27, 72.75 และ 8.73 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบว่า ก่อพวง มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงสุด เท่ากับ 62.76 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ ประดู่ป่า มีค่าเท่ากับ 37.37 ตันต่อเฮกตาร์ และรัง (Shorea siamensis) มีค่าเท่ากับ 31.10 ตันต่อเฮกตาร์ (Table 4) มวลชีวภาพรวมของไม้หนุมเท่ากับ 1.83 ตันต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบ เท่ากับ 1.57, 0.20 และ 0.06 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบว่าเป้งใหญ่มีมวลชีวภาพรวมสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.46 ตันต่อเฮกตาร์ (Table 5) สำหรับมวลชีวภาพรวมของไม้ไผ่ทุกชนิด เท่ากับ 53.92 ตันต่อเฮกตาร์

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ทุกชนิดบริเวณป่าหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง มีค่าเท่ากับ 199.04 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้ใหญ่มีค่าเท่ากับ 172.84 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ เท่ากับ 134.54, 34.19 และ 4.10 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบว่า ก่อพวง มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงสุดเท่ากับ 29.50 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ ประดู่ป่า มีค่าเท่ากับ 17.57 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ และรัง มีค่าเท่ากับ 14.62 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Table 4) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในไม้หนุมมีค่าเท่ากับ 0.86 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ เท่ากับ 0.74, 0.09 และ 0.03 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) เมื่อพิจารณาเป็นรายชนิดพบว่าเป้งใหญ่มีมวลชีวภาพรวมสูงสุดมีค่าเท่ากับ 0.22 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Table 5) จากอัตราความเพิ่มพูน

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของไม้พื้นเมืองโตช้า 0.26 ตันคาร์บอนต่อไร่ต่อปี คิดเป็นการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพรวม 0.95 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อไร่ต่อปี (Faculty of Forestry, 2011) จากงานวิจัยข้างต้นของคณะวนศาสตร์ จึงนำมาคำนวณและคาดการณ์ได้ว่าในอนาคตอีก 10 ปี ป่าแห่งนี้จะสามารถกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพได้เพิ่มขึ้นอีก 16.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยคิดเป็นการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในมวลชีวภาพรวม 59.38 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ต่อเฮกตาร์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินของป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงจากการวิจัยนี้ พบว่ามีค่ามากกว่าปริมาณมวลชีวภาพของป่าเบญจพรรณบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 119.69 ตันต่อเฮกตาร์และมีปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเท่ากับ 56.25 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Khamyong, 2009) และมากกว่าป่าเต็งรังผสมสนในสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเท่ากับ 150.72 ตันต่อเฮกตาร์ และมีปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 74.69 ตันต่อเฮกตาร์ (Maknoi and Khambhi, 2015) และมีค่ามากกว่าป่าเต็งรังในพื้นที่สวนป่ามัญจาคีรีที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 78.06–233.20 ตันต่อเฮกตาร์ (Jundang et al., 2010) และมีค่ามากกว่าป่าชุมชนห้วยข้าวกล้า อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดพะเยา ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 187.38 ตันต่อเฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 96.38 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Kunching et al., 2016) และมีค่ามากกว่าป่าชุมชนบ้านแสงตะวัน จังหวัดสุรินทร์ ที่มีปริมาณมวลชีวภาพเท่ากับ 163 ตันต่อเฮกตาร์ และการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 76.75 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ (Tokeeree et al., 2020)

Tabel 3 The aboveground biomass and carbon stocks of the forest in Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province.

Plant category	Aboveground biomass (t/ha)				Carbon stock (tC/ha)			
	Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total	Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total
Tree	286.27	72.75	8.73	367.74	134.54	34.19	4.10	172.84
Sapling	1.57	0.20	0.06	1.83	0.74	0.09	0.03	0.86
Bomboo	-	-	-	53.92	-	-	-	25.34

Tabel 4 The top five species based on the aboveground biomass and carbon stocks of trees in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province.

No.	Thai Name	Scientific name	Aboveground biomass (t/ha)				Carbon stock (tC/ha)			
			Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total	Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total
1	ก่อพวง	<i>Lithocarpus fenestratus</i>	46.72	15.09	0.96	62.76	21.96	7.09	0.45	29.50
2	ประดู่ป่า ป่า	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	29.75	6.73	0.90	37.37	13.98	3.16	0.42	17.57
3	รัง	<i>Shorea siamensis</i>	24.88	5.42	0.79	31.10	11.69	2.55	0.37	14.62
4	ทะโล้	<i>Schima wallichii</i>	21.68	6.90	0.53	29.11	10.19	3.24	0.25	13.68
5	ก่อเตี้ย	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	18.18	5.23	0.46	23.87	8.57	2.46	0.21	11.22

Tabel 5 The top three species based on the aboveground biomass and carbon stocks of saplings in the Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province.

No.	Thai Name	Scientific name	Aboveground biomass (t/ha)				Carbon stock (tC/ha)			
			Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total	Stem (Ws)	Branch (Wb)	Leaf (Wl)	Total
1	เปล้าใหญ่	<i>Croton oblongifolius</i>	0.39	0.05	0.02	0.46	0.19	0.02	0.01	0.22
2	ทะโล้	<i>Schima wallichii</i>	0.19	0.03	0.01	0.23	0.09	0.01	0.04 ⁻¹	0.11
3	เหมือดโลด	<i>Aporosa villosa</i>	0.19	0.02	0.01	0.22	0.09	0.01	0.04 ⁻¹	0.10

สรุป

การสำรวจพรรณไม้ในพื้นที่ป่าต้นน้ำบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดน่าน พบพรรณไม้ทั้งหมด 89 ชนิด 69 สกุล 42 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลายชนิดของไม้ใหญ่เท่ากับ 3.31 มีความหนาแน่นของไม้ใหญ่เท่ากับ 803 ต้นต่อเฮกตาร์ ชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ก่อพวง เหมือดโศด เปล้าใหญ่ ประดู่ป่า ป่า และทะเลี มีค่าเท่ากับ 20.29, 20.20, 19.87, 18.39 และ 17.82 ตามลำดับ ไม้หนุ่มที่มีค่าดัชนีสำคัญสูงสุดสามลำดับแรก ได้แก่ เปล้าใหญ่ เหมือดโศด และทะเลี ถัดมาคือ ไม้พญาเสือ และบ่อยที่สามลำดับแรก ได้แก่ ตั้วเกลี้ยง กระพี้เครือ และประดู่ป่า ป่า ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และกล้าไม้ คิดเป็น 803, 40,500 และ 764,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และความหนาแน่นของไม้ไผ่เท่ากับ 90 กอต่อเฮกตาร์ (2,423 ลำต่อเฮกตาร์) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของพรรณไม้ทุกชนิดบริเวณป่าหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงเท่ากับ 423.49 ต้นต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และไม้ไผ่ เท่ากับ 367.74, 1.83 และ 53.92 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยคิดเป็นการสะสมปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมเท่ากับ 199.04 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ แบ่งเป็นส่วนของไม้ใหญ่ ไม้หนุ่ม และไม้ไผ่ เท่ากับ 172.84, 0.86 และ 25.34 ต้นคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ดังนั้นพื้นที่ป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง มีเนื้อที่ 33,055 ไร่ จะมีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมด เท่ากับ 2,239,743.33 ต้น คิดเป็นปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 1,052,682.75 ต้นคาร์บอน และมีปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เท่ากับ 3,860,187.65 ต้นคาร์บอน

จากการศึกษาทำให้ทราบว่าป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงมีความหลากหลายทางชนิดพรรณไม้ที่ใกล้เคียงกับพื้นที่ต้นน้ำในจังหวัดน่าน และเมื่อพิจารณาร่วมกับโครงสร้างของป่าแล้วถือว่าเป็นป่าที่กำลังมีการฟื้นตัว และเมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาความหลากหลายและ

โครงสร้างป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง เมื่อ 10 ปีที่แล้วจะเห็นได้ว่ามีจำนวนไม้หนุ่มและลูกไม้เพิ่มขึ้นมาก แสดงถึงป่ามีการทดแทนของสังคมพืชและพบว่ามีไม้วงศ์ก่อเป็นดัชนีไม้เด่นร่วมกับไม้ประดู่ป่า ป่า และในอนาคตบางพื้นที่ในป่าแห่งนี้อาจจะพัฒนาไปเป็นป่าดิบแล้งได้ ถ้าหากมีการดูแลรักษาป่าได้อย่างต่อเนื่อง และป้องกันการรบกวนที่จะเข้ามาทำลายระบบนิเวศป่า เช่น การดูแลป้องกันไฟป่า และการลักลอบตัดไม้ทำลายป่า แต่พบว่ามีพรรณไม้ประจำถิ่นบางชนิด เช่น มะขามป้อม คอแลน มะเดื่อป่อง เหมือดจิ้ง เมาสาย และก้านเหลือง พบในพื้นที่จำนวนน้อย ซึ่งเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ไปจากพื้นที่ จึงควรอนุรักษ์ ป่า และสนับสนุนให้มีการปลูกเพิ่มพื้นที่ต่อไป ส่วนปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของป่าบริเวณหน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตงแห่งนี้ พบว่ามีปริมาณมากกว่าป่าเบญจพรรณแห่งอื่นๆ ซึ่งการแปรผันของปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนขึ้นอยู่กับสังคมป่า ความสมบูรณ์ของป่า อายุของป่า ความหนาแน่นตลอดจนการอนุรักษ์ ดูแล และลดความเสื่อมโทรมของป่า หรือการปลูกฟื้นฟูป่า ตลอดจนการบริหารจัดการด้านไฟป่า และชุมชนรอบพื้นที่ป่า ดังนั้นหากต้องการให้พื้นที่ป่ามีประสิทธิภาพที่ดีในการกักเก็บคาร์บอน จึงจำเป็นต้องวางแผนในการบริหารจัดการพื้นที่ในเรื่องการอนุรักษ์ ป่า ดูแลพื้นที่ การป้องกันไฟป่า การป้องกันการลักลอบตัดไม้ และการสร้างการมีส่วนร่วมกับชุมชนในการดูแลพื้นที่ป่าแห่งนี้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิชาการ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 (แพร่) และเจ้าหน้าที่หน่วยจัดการต้นน้ำห้วยสะแตง ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณคณะอาจารย์ และบุคลากร และเพื่อน ๆ สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ตลอดจนการดำเนินงานวิจัยลุล่วงไปด้วยดี

REFERENCE

- Diloksumpun, S., Visaratana, T., Panuthai, S., Ladpala, P., Janmahasatian, S., Sumran, S. 2005. Carbon cycling in the Sakaerat dry evergreen and the Maeklong mixed deciduous forests. In: **Proceedings of Climate Change in the Forest Sector “The Potential of Forests to Support the Kyoto Protocol”**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. pp. 77-94. (in Thai)
- Faculty of Forestry. 2011. **Guidelines Manual of Potential Tree or Plant Species Potential for Promotion under the Forest Sector Clean Development Mechanism Programme**. Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)
- Huai Sataeng Watershed Management Unit. 2021. **Annual Report 2021 of Huai Sataeng Watershed Management Unit Thung Chang District, Nan Province**. Watershed Management Division, Protected Areas Regional Office 13 Phrae, Phrae, Thailand. (in Thai)
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**. Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. Published, Institute for Global Environmental Strategies, Japan.
- Jundang, W., Puangchit, L., Diloksumpun, S. 2010. Carbon storage of dry dipterocarp forest and eucalypt plantation at Mancha Khiri plantation, Khon Kaen province. **Thai Journal of Forestry**, 29(3): 36-44 (in Thai)
- Kanhom, B., Moungrimuangdee, B., Waiboonya, P., Yodsang, P., Lardkern, P. 2019. Plant diversity and biomass carbon stocks of Nong Mek Community Forest, Khok Sung district, Sa Kaeo province. **Thai Journal of Forestry**, 38(2): 41-55 (in Thai)
- Khamyong, S. 2009. **Plant Species Diversity, Soil Characteristics and Carbon Accumulation in Different Forests, Doi Suthep-Pui National Park, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Chiang Mai University. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)
- Kunching, C., Fongmani, N., Prapat, P. Pinmongkhogul, S., Kussalanupab, K., Jaipinta, B. 2016. Carbon storage in woody plants biomass at Huai Khao Kam sub-district Community Forest, Chun district, Phayao. In: **Proceeding of the 3rd National Meeting on Biodiversity Management in Thailand**. Bangkok, Thailand. pp. 89-95. (in Thai)
- Kutintara, U., Marod, D., Takahashi, M., Nakashizuka, T. 1995. Growth and dynamics of bamboos in a tropical seasonal forest. In: **The International Workshop on the Changes of Tropical Forest Ecosystems by El Nino and Others**. National Research Council, Kanchanaburi, Thailand. pp. 125-139.
- Lattirasuvan, T. 2012. **Forest Structure and Plants Diversity in Forest of Huai Sataeng Watershed Management Unit Thung Chang District, Nan Province**. Watershed Management Division, Protected Areas Regional Office 13 Phrae, Phrae, Thailand. (in Thai)
- Maknoi, J., Khambi, T. 2015. **Carbon Storage and Nutrient Accumulation in Pine-Deciduous Dipterocarp Forest in Queen Sirikit Botanic Garden, Chiang Mai Province**. Thai Forest Ecological Research Network, T-FERN. Naresuan University, Phitsanulok, Thailand. (in Thai)
- Maosew, K., Thanacharoenchanaphas, K., Boonyanuphap, J. 2019. Valuation of carbon stock in undisturbed natural forest and mixed fruit tree-based agroforestry system by landslide and under natural succession. **Thai Journal of Forestry**, 38(1): 81-95 (in Thai)
- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., Ogino, K., Kira, T. 1965. Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia**, 4: 49-80.
- Royal Forest Department. 2021. **Statistical Data 2021 of Royal Forest Department**. Forest Land Management Office, Roral Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)

- Shannon, C.E., Weiner, W. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, USA.
- Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization). 2016. **Greenhouse Gas Management Tool and Reporting**. <https://www.setsustainability.com/download/2867lxr5cjupfnq/>, 1 March 2023 (in Thai)
- Tokeeree, Y., Jarat, C., Novacek, D., Saraphi, N. 2020. Carbon storage in biomass of perennial plants at Ban Sangtawan Community Forest, Surin province. **PSRU Journal of Science and Technology**, 5(3): 23-36 (in Thai)
- Thiemtaison, W. 2017. **The Edible Wildplants and Wildlife Conservation at Hauikhwak Royal Initiative Forest Development Project, Bokluea District, Nan Province**. M.S. Thesis, Maejo University. Chiang Mai, Thailand. (in Thai)

Appendix 1 Importance value index (IVI) of trees, saplings and seedlings in Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province including density (D), frequency (F), dominance (Do), relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo) and IVI of each species.

No.	Scientific name	Family name	Do	D	F	Rdo (%)	RD (%)	RF (%)	IVI
1	<i>Lithocarpus fenestratus</i>	FAGACEAE	1.99	30.00	60.00	14.03	3.74	2.52	20.29
2	<i>Aporosa villosa</i>	PHYLLANTHACEAE	0.72	87.50	100.00	5.09	10.90	4.20	20.20
3	<i>Croton persimilis</i>	EUPHORBIACEAE	0.61	111.25	40.00	4.33	13.86	1.68	19.87
4	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	1.36	43.75	80.00	9.57	5.45	3.36	18.39
5	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	1.25	58.75	40.00	8.82	7.32	1.68	17.82
6	<i>Cratogeomys cochinchinense</i>	HYPERICACEAE	0.76	50.00	100.00	5.37	6.23	4.20	15.80
7	<i>Shorea siamensis</i>	DIPTEROCARPACEAE	1.05	23.75	40.00	7.43	2.96	1.68	12.07
8	<i>Craibiodendron stellatum</i>	ERICACEAE	0.44	45.00	60.00	3.11	5.61	2.52	11.24
9	<i>Aporosa nigricans</i>	PHYLLANTHACEAE	0.41	52.50	40.00	2.89	6.54	1.68	11.11
10	<i>Castanopsis echinocarpa</i>	FAGACEAE	0.80	16.25	60.00	5.66	2.02	2.52	10.21
11	<i>Castanopsis argyrophylla</i>	FAGACEAE	0.55	13.75	60.00	3.91	1.71	2.52	8.14
12	<i>Ilex umbellulata</i>	AQUIFOLIACEAE	0.26	38.75	20.00	1.86	4.83	0.84	7.52
13	<i>Irvingia malayana</i>	IRVINGIACEAE	0.42	10.00	60.00	2.98	1.25	2.52	6.75
14	<i>Cratogeomys formosum</i>	HYPERICACEAE	0.17	15.00	80.00	1.22	1.87	3.36	6.45
15	<i>Dalbergia cultrata</i>	FABACEAE	0.17	17.50	60.00	1.23	2.18	2.52	5.93
16	<i>Croton decalvatus</i>	EUPHORBIACEAE	0.24	11.25	40.00	1.71	1.40	1.68	4.79
17	<i>Wendlandia tinctoria</i>	RUBIACEAE	0.14	16.25	40.00	0.96	2.02	1.68	4.66
18	<i>Glochidion eriocarpum</i>	PHYLLANTHACEAE	0.05	7.50	80.00	0.32	0.93	3.36	4.62
19	<i>Castanopsis cerebrina</i>	FAGACEAE	0.27	6.25	40.00	1.89	0.78	1.68	4.34
20	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	0.14	5.00	60.00	1.01	0.62	2.52	4.15
21	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	0.10	6.25	60.00	0.69	0.78	2.52	3.99
22	<i>Dillenia indica</i>	DILLENIACEAE	0.21	2.50	40.00	1.46	0.31	1.68	3.45
23	<i>Dalbergia cana</i>	FABACEAE	0.23	7.50	20.00	1.62	0.93	0.84	3.39
24	<i>Spondias pinnata</i>	ANACARDIACEAE	0.11	6.25	40.00	0.78	0.78	1.68	3.24
25	<i>Dalbergia rimosa Roxburgh</i>	FABACEAE	0.02	3.75	60.00	0.17	0.47	2.52	3.16
26	<i>Spondias bipinnata</i>	ANACARDIACEAE	0.07	6.25	40.00	0.47	0.78	1.68	2.93
27	<i>Gmelina arborea</i>	LAMIACEAE	0.11	3.75	40.00	0.78	0.47	1.68	2.93
28	<i>Lepisanthes tetraphylla</i>	SAPINDACEAE	0.07	6.25	40.00	0.46	0.78	1.68	2.92
29	<i>Gardenia sootepensis</i>	RUBIACEAE	0.09	3.75	40.00	0.61	0.47	1.68	2.76
30	<i>Phyllanthus emblica</i>	PHYLLANTHACEAE	0.04	5.00	40.00	0.27	0.62	1.68	2.57
31	<i>Albizia odoratissima</i>	FABACEAE	0.11	7.50	20.00	0.75	0.93	0.84	2.53
32	<i>Heliciopsis terminalis</i>	PROTEACEAE	0.15	5.00	20.00	1.03	0.62	0.84	2.49
33	<i>Parkia leiophylla</i>	FABACEAE	0.16	3.75	20.00	1.11	0.47	0.84	2.42
34	<i>Cinnamomum ilicioides</i>	LAURACEAE	0.13	5.00	20.00	0.94	0.62	0.84	2.40

Appendix 1 (continued)

No.	Scientific name	Family name	Do	D	F	Rdo (%)	RD (%)	RF (%)	IVI
35	<i>Terminalia nigrovenulosa</i>	COMBRETACEAE	0.02	3.75	40.00	0.14	0.47	1.68	2.29
36	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	0.03	2.50	40.00	0.23	0.31	1.68	2.22
37	<i>Bombax anceps</i>	MALVACEAE	0.03	2.50	40.00	0.22	0.31	1.68	2.21
38	<i>Nephelium hypoleucum</i>	SAPINDACEAE	0.06	7.50	20.00	0.42	0.93	0.84	2.20
39	<i>Stereospermum neuranthum</i>	BIGNONIACEAE	0.03	2.50	40.00	0.18	0.31	1.68	2.17
40	<i>Styrax benzoides</i>	STYRACACEAE	0.02	2.50	40.00	0.16	0.31	1.68	2.15
41	<i>Phoebe lanceolata</i>	LAURACEAE	0.01	2.50	40.00	0.09	0.31	1.68	2.08
42	<i>Trema orientalis</i>	CANNABACEAE	0.06	3.75	20.00	0.42	0.47	0.84	1.73
43	<i>Memecylon edule</i>	MELASTOMATAACEAE	0.02	5.00	20.00	0.16	0.62	0.84	1.63
44	<i>Lannea coromandelica</i>	ANACARDIACEAE	0.04	3.75	20.00	0.25	0.47	0.84	1.56
45	<i>Anitidesma acidum</i>	PHYLLANTHACEAE	0.03	3.75	20.00	0.24	0.47	0.84	1.55
46	<i>Diospyros ehretioides</i>	EBENACEAE	0.06	2.50	20.00	0.39	0.31	0.84	1.54
47	<i>Dalbergia oliveri</i>	FABACEAE	0.05	2.50	20.00	0.34	0.31	0.84	1.50
48	<i>Magnolia baillonii</i>	MAGNOLIACEAE	0.07	1.25	20.00	0.50	0.16	0.84	1.49
49	<i>Lophopetalum duperreanum</i>	CELASTRACEAE	0.05	1.25	20.00	0.33	0.16	0.84	1.33
50	<i>Alphonsea glabrifolia</i>	ANNONACEAE	0.02	2.50	20.00	0.15	0.31	0.84	1.31
51	<i>Heteropanax fragrans</i>	ARALIACEAE	0.04	1.25	20.00	0.29	0.16	0.84	1.29
52	<i>Syzygium claviflorum</i>	MYRTACEAE	0.04	1.25	20.00	0.28	0.16	0.84	1.28
53	<i>Magnolia x alba</i>	MAGNOLIACEAE	0.04	1.25	20.00	0.27	0.16	0.84	1.26
54	<i>Pavetta indica</i>	RUBIACEAE	0.01	2.50	20.00	0.04	0.31	0.84	1.19
55	<i>Prunus cerasoides</i>	ROSACEAE	0.01	2.50	20.00	0.04	0.31	0.84	1.19
56	<i>Careya arborea</i>	LECYTHIDACEAE	0.01	1.25	20.00	0.08	0.16	0.84	1.08
57	<i>Paranephelium xestophyllum</i>	SAPINDACEAE	0.01	1.25	20.00	0.05	0.16	0.84	1.05
58	<i>Magnolia henryi</i>	MAGNOLIACEAE	0.01	1.25	20.00	0.04	0.16	0.84	1.04
59	<i>Ficus fistulosa</i>	MORACEAE	0.00	1.25	20.00	0.03	0.16	0.84	1.03
60	<i>Suregada multiflorum</i>	EUPHORBIACEAE	0.00	1.25	20.00	0.03	0.16	0.84	1.02
61	<i>Pittosporopsis kerrii</i>	ICACINACEAE	0.00	1.25	20.00	0.03	0.16	0.84	1.02
62	<i>Memecylon plebejum</i>	MELASTOMATAACEAE	0.00	1.25	20.00	0.02	0.16	0.84	1.02
63	<i>Antidesma sootepense</i>	PHYLLANTHACEAE	0.00	1.25	20.00	0.02	0.16	0.84	1.02
64	<i>Nauclea orientalis</i>	RUBIACEAE	0.00	1.25	20.00	0.02	0.16	0.84	1.02
Total			14.19142	802.5	2380	100	100	100	300

Appendix 2 Importance value index (IVI) of saplings in Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province including density (D), frequency (F), dominance (Do), relative density (RD), relative frequency (RF), relative dominance (RDo) and IVI of each species.

No.	scientific name	Family	D	F	Do	RD (%)	RF (%)	Rdo (%)	IVI
1	<i>Croton oblongifolius</i>	EUPHORBIACEAE	5625	60.00	3.51	13.89	3.57	23.31	40.77
2	<i>Aporosa villosa</i>	PHYLLANTHACEAE	3000	80.00	1.80	7.41	4.76	11.96	24.13
3	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	3500	20.00	1.73	8.64	1.19	11.49	21.33
4	<i>Dalbergia rimosa</i>	FABACEAE	3375	100.00	0.98	8.33	5.95	6.53	20.81
5	<i>Cratoxylum cochinchinense</i>	HYPERICACEAE	3375	80.00	0.95	8.33	4.76	6.30	19.39
6	<i>Ficus racemosa</i>	MORACEAE	2000	80.00	0.25	4.94	4.76	1.67	11.37
7	<i>Antidesma ghaesembilla</i>	PHYLLANTHACEAE	1750	60.00	0.37	4.32	3.57	2.45	10.34
8	<i>Pavetta indica</i>	RUBIACEAE	1250	80.00	0.32	3.09	4.76	2.15	10.00
9	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	FABACEAE	1250	60.00	0.49	3.09	3.57	3.24	9.90
10	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	875	100.00	0.19	2.16	5.95	1.24	9.35
11	<i>Paranephelium ongifoliolatum</i>	SAPINDACEAE	1750	20.00	0.49	4.32	1.19	3.26	8.77
12	<i>Craibiodendron stellatum</i>	ERICACEAE	1250	60.00	0.25	3.09	3.57	1.65	8.30
13	<i>Artocarpus thailandicus</i>	MORACEAE	1125	60.00	0.16	2.78	3.57	1.04	7.39
14	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	750	60.00	0.26	1.85	3.57	1.72	7.14

Appendix 2 (continued)

No.	scientific name	Family	D	F	Do	RD (%)	RF (%)	Rdo (%)	IVI
15	<i>Dioscorea birmanica</i>	DIOSCOREACEAE	1000	40.00	0.25	2.47	2.38	1.67	6.52
16	<i>Ilex umbellulata</i>	AQUIFOLIACEAE	375	40.00	0.42	0.93	2.38	2.80	6.11
17	<i>Colona flagrocarpa</i>	MALVACEAE	375	60.00	0.08	0.93	3.57	0.56	5.05
18	<i>Crudia chrysantha</i>	COMBRETACEAE	625	20.00	0.33	1.54	1.19	2.22	4.95
19	<i>Phyllodium pulchellum</i>	FABACEAE	750	40.00	0.08	1.85	2.38	0.54	4.77
20	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	625	20.00	0.30	1.54	1.19	1.98	4.71
21	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	625	40.00	0.10	1.54	2.38	0.67	4.60
34	<i>Irvingia malayana</i>	IRVINGIACEAE	250	40.00	0.17	0.62	2.38	1.12	4.12
22	<i>Dalbergia cultrata</i>	FABACEAE	375	40.00	0.11	0.93	2.38	0.75	4.06
23	<i>Spondias lakonensis</i>	ANACARDIACEAE	750	20.00	0.14	1.85	1.19	0.93	3.98
24	<i>Vitex limonifolia</i>	LAMIACEAE	250	40.00	0.08	0.62	2.38	0.54	3.54
25	<i>Tetradium glabrifolium</i>	RUTACEAE	250	40.00	0.01	0.62	2.38	0.04	3.04
26	<i>Sterculia guttata</i>	STERCULIACEAE	375	20.00	0.14	0.93	1.19	0.92	3.03
27	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	375	20.00	0.12	0.93	1.19	0.82	2.94
28	<i>Nephelium hypoleucum</i>	SAPINDACEAE	375	20.00	0.10	0.93	1.19	0.66	2.77
29	<i>Grewia scabrifolia</i>	MALVACEAE	125	20.00	0.18	0.31	1.19	1.22	2.72
30	<i>Ficus fistulosa</i>	MORACEAE	375	20.00	0.09	0.93	1.19	0.60	2.72
31	<i>Gardenia sootepensis</i>	RUBIACEAE	375	20.00	0.08	0.93	1.19	0.51	2.62
32	<i>Albizia odoratissima</i>	FABACEAE	125	20.00	0.15	0.31	1.19	0.98	2.48
33	<i>Alphonsea glabrifolia</i>	ANNONACEAE	250	20.00	0.10	0.62	1.19	0.67	2.47
35	<i>Lagerstroemia crista</i>	LYTHRACEAE	125	20.00	0.09	0.31	1.19	0.61	2.11
36	<i>Phyllanthus emblica</i>	PHYLLANTHACEAE	125	20.00	0.06	0.31	1.19	0.37	1.87
37	<i>Phoebe lanceolata</i>	LAURACEAE	125	20.00	0.05	0.31	1.19	0.34	1.84
38	<i>Dillenia indica</i>	DILLENACEAE	125	20.00	0.03	0.31	1.19	0.20	1.70
39	<i>Castanopsis argyrophylla</i>	FABACEAE	125	20.00	0.02	0.31	1.19	0.11	1.60
40	<i>Lannea coromandelica</i>	ANACARDIACEAE	125	20.00	0.02	0.31	1.19	0.11	1.60
41	<i>Kailarsenia hygrophila</i>	RUBIACEAE	125	20.00	0.00	0.31	1.19	0.03	1.53
42	<i>Leea indica</i>	VITACEAE	125	20.00	0.00	0.31	1.19	0.01	1.51
Total						100	100	100	300

Appendix 3 Importance value index (IVI) of seedlings in Huai Sataeng Watershed Management Unit, Thung Chang district, Nan province including density (D), frequency (F), relative density (RD), relative frequency (RF) and IVI of each species.

NO.	scientific name	Family	D	F	RD (%)	RF (%)	IVI
1	<i>Cratoxylum cochinchinense</i>	HYPERICACEAE	8,000.00	20.00	20.94	5.68	26.62
2	<i>Dalbergia rimosa</i>	FABACEAE	76,000.00	100.00	9.95	5.68	15.63
3	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	16,000.00	20.00	5.76	5.68	11.44
4	<i>Croton oblongifolius</i>	EUPHORBIACEAE	16,000.00	60.00	6.81	3.41	10.22
5	<i>Dioscorea birmanica</i>	DIOSCOREACEAE	4,000.00	20.00	3.93	5.68	9.61
6	<i>Calamus diepenhorstii</i>	ARECACEAE	24,000.00	60.00	4.71	2.27	6.98
7	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	FABACEAE	18,000.00	20.00	3.14	3.41	6.55
8	<i>Lygodium flexuosum</i>	LYGODIACEAE	22,000.00	60.00	2.88	3.41	6.29
9	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	2,000.00	20.00	2.09	3.41	5.50
10	<i>Ficus racemosa</i>	MORACEAE	2,000.00	20.00	2.09	3.41	5.50
11	<i>Antidesma ghaesemilla</i>	PHYLLANTHACEAE	4,000.00	20.00	2.09	3.41	5.50
12	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	160,000.00	100.00	1.57	3.41	4.98
13	<i>Craibiodendron stellatum</i>	ERICACEAE	2,000.00	20.00	1.57	3.41	4.98
14	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	18,000.00	20.00	3.66	1.14	4.80
15	<i>Lepisanthes ferruginea</i>	SAPINDACEAE	8,000.00	40.00	2.36	2.27	4.63
16	<i>Phyllodium pulchellum</i>	FABACEAE	2,000.00	20.00	2.09	2.27	4.37

Appendix 3 (continued)

วารสารวนศาสตร์ไทย 42(2): 199-213 (2566)

NO.	scientific name	Family	D	F	RD (%)	RF (%)	IVI
17	<i>Spondias lakonensis</i>	ANACARDIACEAE	2,000.00	20.00	3.14	1.14	4.28
18	<i>Leea indica</i>	VITACEAE	6,000.00	60.00	0.79	3.41	4.19
19	<i>Castanopsis argyrophylla</i>	FABACEAE	16,000.00	40.00	2.36	1.14	3.49
20	<i>Albizia odoratissima</i>	FABACEAE	4,000.00	20.00	2.36	1.14	3.49
21	<i>Kailarsenia hygrophila</i>	RUBIACEAE	44,000.00	100.00	1.05	2.27	3.32
22	<i>Bridelia ovata</i>	PHYLLANTHACEAE	12,000.00	60.00	2.09	1.14	3.23
23	<i>Artocarpus thailandicus</i>	MORACEAE	2,000.00	20.00	0.79	2.27	3.06
24	<i>Sphenodesme mekongensis</i>	VERBENACEAE	12,000.00	60.00	1.83	1.14	2.97
25	<i>Colona winitii</i>	MALVACEAE	2,000.00	20.00	0.52	2.27	2.80
26	<i>Aporosa villosa</i>	PHYLLANTHACEAE	18,000.00	40.00	0.52	2.27	2.80
27	<i>Irvingia malayana</i>	IRVINGIACEAE	28,000.00	20.00	1.05	1.14	2.18
28	<i>Crudia chrysantha</i>	COMBRETACEAE	6,000.00	20.00	0.79	1.14	1.92
29	<i>Dillenia obovata</i>	DILLENIACEAE	4,000.00	40.00	0.79	1.14	1.92
30	<i>Lithocarpus fenestratus</i>	FAGACEAE	2,000.00	20.00	0.52	1.14	1.66
31	<i>Pavetta indica</i>	RUBIACEAE	52,000.00	60.00	0.52	1.14	1.66
32	<i>Phoebe lanceolata</i>	LAURACEAE	4,000.00	20.00	0.52	1.14	1.66
33	<i>Melicope pteleifolia</i>	RUTACEAE	4,000.00	20.00	0.52	1.14	1.66
34	<i>Phyllanthus emblica</i>	PHYLLANTHACEAE	16,000.00	60.00	0.52	1.14	1.66
35	<i>Ficus fistulosa</i>	MORACEAE	4,000.00	20.00	0.52	1.14	1.66
36	<i>Vitex peduncularis</i>	LAMIACEAE	16,000.00	60.00	0.26	1.14	1.40
37	<i>Gardenia sootepensis</i>	RUBIACEAE	6,000.00	40.00	0.26	1.14	1.40
38	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	24,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
39	<i>Gmelina arborea</i>	LAMIACEAE	30,000.00	100.00	0.26	1.14	1.40
40	<i>Vitex limonifolia</i>	LAMIACEAE	2,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
41	<i>Macaranga denticulata</i>	EUPHORBIACEAE	2,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
42	<i>Millingtonia hortensis</i>	BIGNONIACEAE	6,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
43	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	2,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
44	<i>Colona flagrocarpa</i>	MALVACEAE	2,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
45	<i>Aganonerion polymorphum</i>	APOCYNACEAE	36,000.00	40.00	0.26	1.14	1.40
46	<i>Tetradium glabrifolium</i>	RUTACEAE	4,000.00	40.00	0.26	1.14	1.40
47	<i>Syzygium claviflorum</i>	MYRTACEAE	14,000.00	20.00	0.26	1.14	1.40
Total			764,000.00	1,760.00	100	100	200

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนวารสารวิทยาศาสตร์ไทย

<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf>

วารสารวิทยาศาสตร์ไทย เป็นวารสารทางวิชาการป่าไม้ จัดทำโดยศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดพิมพ์เผยแพร่ทุก 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ) วัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยทางป่าไม้สาขาต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวารสารนี้มีการเผยแพร่ไปยังห้องสมุดของสถาบันและหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งในและต่างประเทศ

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) **นิพนธ์ต้นฉบับ (original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง (2) **บทความวิจัยสั้น (short communications)** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่า และ (3) **บทวิจารณ์ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจสอบเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นนิพนธ์ต้นฉบับ และบทความวิจัยสั้น จะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทย ควรมีการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วนก่อนนำเสนอ ความยาวไม่เกิน 15 หน้า กระดาษ A4 จัดรูปแบบกั้นหน้ากระดาษบน ล่าง ซ้าย และขวา ขนาด 1 นิ้ว หรือ 2.54 เซนติเมตร

การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาด 14 สำหรับภาษาไทย และ ภาษาอังกฤษ
2. หัวข้อหลักใช้ ขนาด 18 ตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า เช่น คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ฯลฯ ถ้าเรื่องที่เขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เช่น ABSTRACT INTRODUCTION REFERENCES เป็นต้น
3. หัวข้อย่อยแรก ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย ขนาด 16 และเริ่มใส่หมายเลขข้อ ในหัวข้อย่อยถัดไปโดยใช้อักษรตัวหนา ขนาด 14
4. ใส่หมายเลขหน้า มุมขวา ด้านบน
5. ใส่หมายเลขบรรทัด (นับต่อเนื่องจากหน้าแรก)
6. รายละเอียดใน Table และ Figure เป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ใช้ตัวอักษร TH Sarabun PSK ขนาด 14

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

1. **ชื่อเรื่อง** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. **ชื่อผู้เขียน** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องระบุเพศ ยศ ตำแหน่ง
3. **สถานที่ทำงานของผู้เขียน** ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่านทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมระบุที่อยู่ติดต่อได้ของผู้เขียน โดยระบุชื่อหน่วยงาน สถานที่ทำงาน เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์ และ Corresponding Author E-mail

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. **บทคัดย่อ** สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (ABSTRACT) ด้วย (ภาษาอังกฤษก่อนและตามด้วยภาษาไทย) ให้ระบุ Keywords จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษด้วย

2. **คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย เท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในกรณีงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจเพิ่มเติมขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)

3. **อุปกรณ์และวิธีการ** เขียนให้รัดกุม ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)

4. **ผลและวิจารณ์** ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนรวมกัน ภาพและตาราง ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็น ภาษาอังกฤษ ให้แสดงเฉพาะข้อมูลสำคัญและจำเป็น แทรกภาพและตารางตามลำดับในเนื้อหา โดยใช้คำว่า Figure ในการ อ้างอิงภาพและใช้คำว่า Table ในการอ้างอิงตาราง

5. **สรุป** ให้กระชับ ยกใจความสำคัญที่ได้จากการวิจัย

6. **คำนิยม** (ถ้ามี) ไม่ควรเกิน 50 คำ

7. **REFERENCES** หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียน REFERENCES เรียบเรียงโดยใช้ภาษาอังกฤษทั้งหมดในกรณี เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยให้ปรับเป็นภาษาอังกฤษและต่อท้ายเอกสารอ้างอิงนั้นด้วยคำว่า (in Thai)

8. ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ ดังต่อไปนี้

8.1 การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ family name-and-year system

8.2 การเรียงลำดับ REFERENCES เรียงตามลำดับตัวอักษร เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏใน รายการเอกสารและสิ่งอ้างอิง

8.3 การเขียน REFERENCES (ตัวอย่างการเขียนแสดงด้านล่าง)

- การเขียนให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล ค้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริง และ/ หรือชื่อย่อกลางทุกคนตามลำดับ

- เอกสารภาษาอังกฤษให้ขึ้นต้นด้วยนามสกุล ค้นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) แล้วตามด้วยตัวอักษรย่อตัวแรกของชื่อจริงและชื่อย่อกลาง (ถ้ามี) ของทุกคนตามลำดับ เช่น Palma, C.E., Mamon, S.J.B., Rubin, K.N.D. 2009. ส่วนเอกสารอ้างอิง ภาษาไทยให้แปลเป็นภาษาอังกฤษและทำการอ้างอิงเหมือนเอกสารภาษาอังกฤษ แล้ววงเล็บด้านหลังว่า (in Thai)

- เอกสารอ้างอิงประเภทหนังสือที่ตีพิมพ์ครั้งแรกไม่ต้องระบุครั้งที่พิมพ์

- วารสารวิชาการให้ใช้ชื่อเต็มของวารสาร

- เอกสารอ้างอิงประเภทเว็บไซต์ต้องระบุวัน เดือน ปี ที่สืบค้นข้อมูล

8.4 การเขียนหน่วยให้ใช้หน่วยวัดสากล (International System of Units, SI Unit) เช่น พื้นที่ใช้เฮกตาร์ (ha) ตารางเซนติเมตร (cm²) ตารางเมตร (m²) หรือตารางกิโลเมตร (km²) เป็นต้น หน่วยระยะทาง ความกว้าง ความสูง และความยาวใช้มิลลิเมตร (mm) เซนติเมตร (cm) เมตร (m) หรือกิโลเมตร (km) และมาตรการตวงใช้หน่วยเมตริก เช่น กรัม (g) กิโลกรัม (kg) ตัน (ton) เป็นต้น

ตัวอย่างการเขียน REFERENCES

บทความในวารสาร

รูปแบบ: กรณีบทความไม่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อเต็มวารสาร, ปีที่พิมพ์(ฉบับที่): เลขหน้าหรือเลขที่บทความ.

Blanchard, M.G., Runkle, E.S. 2006. Temperature during the day, but not during the night, controls flowering of *Phalaenopsis* orchids. **Journal of Experimental Botany**, 57: 4043–4049.

Pozsgai, G., Littlewood, N.A. 2014. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) population declines and phenological changes: Is there a connection? **Ecological Indicators**, 41: 15–24.

Seekhiew, A., Tansen, W., Teejuntuk, S. 2020. Ground dwelling insect community in limestone mining rehabilitation area, Saraburi province. **Thai Journal of Forestry**, 39(1): 1–10. (in Thai)

วารสารอิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ: กรณีบทความที่มีเลข DOI

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. ชื่อเต็มวารสาร, ปีที่พิมพ์(ฉบับที่): เลขหน้าหรือเลขที่บทความ. doi.org/xxx หรือ doi: 10.xxx

Arakawa, T., Timasheff, S.N. 1982. Stabilization of protein structure by sugars. **Biochemistry**, 21: 6536–6544. doi.org/10.1021/bi00268a033

Ounban, W., Puangchit, L., Diloksumpun, S. 2016. Development of general biomass allometric equations for *Tectona grandis* Linn.f. and *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Plantations in Thailand. **Agriculture and Natural Resources**, 50(1): 48–53. doi:10.1016/j.anres.2015.08.001.

Spitz, D., Hunter, S. 2005. Contested code: The social construction of Napster. **Inform. Soc.**, 21: 169–180. doi: 10.1080/01972240490951890

หนังสือ

รูปแบบ: กรณีหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Subinprasert, S. 2003. **Insect Biology**. Ramkhamhaeng University Press, Bangkok, Thailand. (in Thai)

รูปแบบ: หนังสือที่พิมพ์หลายครั้ง

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่ X. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Strunk, Jr.W., White, E.B. 1979. **The Elements of Style**, 3rd ed. Macmillan. New York, NY, USA.

รูปแบบ: บทความในหนังสือ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อบทความ. In: นามสกุล, ชื่อย่อ (Ed. หรือ Eds.). ชื่อหนังสือ, พิมพ์ครั้งที่ X. สำนักพิมพ์. จังหวัด, ประเทศ, pp. xx–xx. (in Thai)

Loth, G.R., Hemgesberg, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.). **Introduction to the Electronic Age**. E-Publishing Inc. New York, USA. pp. 281–304.

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

รูปแบบ: รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. In: ชื่อรายงานการประชุม. สถานที่, จังหวัด, ประเทศ, pp. xx-xx.

Liu, C., Peng, D., Yang, Y. 2010. Anti-oxidative and anti-aging activities of collagen hydrolysate. In: Proceeding of 3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics. Yantai, China, pp. 1981-1985.

Mettam, G.R., Adams, L.B. 1999. How to prepare an electronic version of your article. In: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.). Introduction to the Electronic Age. E- Publishing Inc. New York, NY, USA, pp. 281-304.

วิทยานิพนธ์

รูปแบบ: วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่พิมพ์. ชื่อเรื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท/เอก, ชื่อมหาวิทยาลัย, จังหวัด, ประเทศ. (in Thai)

Isnaeni, N.F. 2007. Product Formulation of Pure Instant Potatoes (*Ipomoea batatas* (L.) Lam] as One of Staple Food Diversification. M.S. Thesis, Bogor Agricultural University, Bogor, Indonesia.

Jundang, W. 2010. Evaluation of Carbon Sequestration in Dry Dipterocarp Forest and Eucalypt Plantation at Mancha Khiri Plantation, Khon Kaen Province. M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์ (เว็บไซต์)

รูปแบบ: เว็บไซต์

ชื่อผู้แต่ง. ปีที่เผยแพร่. ชื่อเรื่อง. <http://xxx>, วัน เดือน ปี ที่สืบค้น.

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

The Thai Tapioca Development Institute. 2019. Harvested Area and Production, Past Years. http://tapiocathai.org/English/L1_e.html, 5 September 2021.

ข้อแนะนำในการใช้ภาษา

1. ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานและประกาศของราชบัณฑิตยสถาน
2. การใช้ศัพท์บัญญัติทางวิชาการ ควรใช้ควบคู่กับศัพท์ภาษาอังกฤษ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
3. การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้น ๆ ไว้ในวงเล็บ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
4. ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศในกรณีที่มีภาษาไทยอยู่แล้ว
5. รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำศัพท์และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

กระบวนการพิจารณาบทความ

การพิจารณาก่อนการลงบทความ (peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวรรณคดีไทย รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้เชี่ยวชาญ (reviewer) จำนวน 3 ท่าน ในแต่ละสาขาทำการพิจารณาก่อนการลง (peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้เชี่ยวชาญจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอมรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติการพิจารณาบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้ประพันธ์สามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

บทความที่ได้รับการยอมรับ (accepted manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งร่างบทความสำหรับตีพิมพ์ให้กับผู้ประพันธ์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง (corrected proof) จากนั้นผู้ประพันธ์จะได้รับแจ้งกำหนดเวลาการตีพิมพ์บทความนั้น

บทความที่ถูกปฏิเสธ (rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญให้กับผู้ประพันธ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนจัดส่งรายละเอียดดังนี้

1. ต้นฉบับ (manuscript) 1 ชุด ในรูป Microsoft Office Word
2. แบบเสนอต้นฉบับ (submission form) 1 ชุด ในรูป Microsoft Office Word หรือ PDF file
3. ไฟล์ภาพต้นฉบับที่สามารถปรับแก้ไขได้

ดาวน์โหลดแบบฟอร์มแบบเสนอต้นฉบับได้ที่ <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf/SubmissionForm> ส่งทุกไฟล์ผ่านระบบ ThaiJO (Thai Journal Online) <http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tjf> สอบถามข้อมูลเพิ่มเติมที่ กองบรรณาธิการ วารสารวรรณคดีไทย ศูนย์วิจัยป้าไม้ ชั้น 5 อาคารวรรณคดี 72 ปี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทรศัพท์ 02-5614761

หมายเหตุ

1. เอกสารที่มีการเตรียมต้นฉบับไม่ถูกต้องตามข้อเสนอแนะจะไม่ได้รับการพิจารณา
2. ทางบริษัทฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่คืนเอกสารข้างต้นให้ผู้เขียนไม่ว่ากรณีใดๆ
3. บทความที่ท่านส่งเข้าระบบต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์มาก่อนหรืออยู่ในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งในการพิจารณาจากวารสารของที่อื่นทั้งในระบบ ThaiJO หรือระบบอื่น ๆ หากทางเราตรวจพบเจอบทความดังกล่าวได้ถูกตีพิมพ์ซ้ำหรือคัดลอกมาจากที่อื่นโดยไม่มีการอ้างอิงบทความของท่านจะถูกปฏิเสธการตีพิมพ์หรือถูกถอดออกจากระบบทันที



แบบเสนอต้นฉบับ

1. ชื่อเรื่อง:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

2. ผู้เขียน

ผู้เขียนชื่อที่ 1 ชื่อ-สกุล:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

ชื่อและที่อยู่หน่วยงาน:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

เบอร์โทรศัพท์

อีเมล

ผู้เขียนชื่อที่ 2

ชื่อ-สกุล:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

ชื่อและที่อยู่หน่วยงาน:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

อีเมล

หมายเหตุ: กรณีที่มีผู้เขียนมากกว่า 2 คน กรุณาเพิ่มเติมข้อมูลตามคนที่ 1 และ 2



3. อาจารย์ที่ปรึกษา

ชื่อ-สกุล:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

ชื่อและที่อยู่หน่วยงานทางไปรษณีย์ :

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

โทรศัพท์:

โทรสาร:

เบอร์มือถือ:

อีเมล:

4. ผู้รับผิดชอบบทความ (corresponding author)

ชื่อ-สกุล:

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

ชื่อและที่อยู่หน่วยงานทางไปรษณีย์ :

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

โทรศัพท์:

เบอร์มือถือ:

อีเมล:



แจ้งจำนงผู้เชี่ยวชาญ

ข้าพเจ้าขอแจ้งจำนงถึงความต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาบทความจำนวน 2 ท่าน คือ

ชื่อ-สกุล

คนที่ 1

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

ความเชี่ยวชาญ:

ที่อยู่:

โทรศัพท์:

เบอร์มือถือ:

อีเมล:

คนที่ 2

ภาษาไทย

ภาษาอังกฤษ

ความเชี่ยวชาญ:

ที่อยู่:

โทรศัพท์:

เบอร์มือถือ:

อีเมล:



ประเภทผลงาน

- ☐ นิพนธ์ต้นฉบับ (original article)
- ☐ บทความวิจัยสั้น (short communications)
- ☐ บทความ (review article)

คำรับรองจากผู้เขียน

“ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) ขอรับรองว่า ต้นฉบับที่เสนอมานี้ยังไม่เคยได้รับการตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ในระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ลงในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) ยอมรับหลักเกณฑ์และเงื่อนไขการพิจารณาต้นฉบับ ทั้งยินยอมให้กองบรรณาธิการมีสิทธิพิจารณาและตรวจแก้ต้นฉบับได้ตามที่เห็นสมควร พร้อมนี้ขอมอบลิขสิทธิ์ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ให้แก่วารสารวนศาสตร์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรณีมีการฟ้องร้องเรื่องการละเมิดลิขสิทธิ์เกี่ยวกับภาพ กราฟ ข้อความส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือ ข้อคิดเห็นที่ปรากฏในผลงาน ให้เป็นความรับผิดชอบของข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) แต่เพียงฝ่ายเดียว และหากข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) ประสงค์ถอนบทความในระหว่างกระบวนการพิจารณาของทางวารสาร ข้าพเจ้าและผู้เขียนร่วม (ถ้ามี) ยินดีรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นในกระบวนการพิจารณาบทความนั้น”

ลงชื่อ.....

()

ผู้เขียนหลัก

วัน/เดือน/ปี.....



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ (Peer Review)

วารสารวิทยาศาสตร์ไทย คณะวนศาสตร์ ปีที่ 42 ฉบับที่ 1-2 (มกราคม-ธันวาคม 2566)

ก. ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย

ชื่อ - สกุล	สังกัด
1. ดร.วรพรรณ หิมพานต์	กรมป่าไม้
2. ดร.ปณิดา กาจันะ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ดร.ณรงค์ชัย ชลภาพ	องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้
4. ผศ.ดร.พิมพ์ลภัส พงศกรรังศิลป์	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
5. ดร.สุคนธ์ ภาคิไวย	มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
6. ดร.อัญชัย ตันพเทศ	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
7. ผศ.ดร.สมบุญ กীরติประยูร	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
8. ผศ.ดร.ต่อลาภ คำโย	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
9. ผศ.ดร.คมสัน ศิริวงศ์วัฒนา	มหาวิทยาลัยศิลปากร
10. คุณอลงกต ปากาศ	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (GISTDA)
11. ดร.ณพล อนุตตรังกูร	มหาวิทยาลัยมหิดล (นครสวรรค์)
12. ดร.วรตลต์ แจ่มจำรูญ	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
13. ผศ.ดร.สุธีระ เหมฮึก	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
14. ศ.ดร.สุนทร คำयोग	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
15. ดร.สุรินทร์ อ้นพรม	สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์
16. ดร.ศิริลักษณ์ ธรรมนุ	กรมป่าไม้
17. รศ.ดร.วิพัทธ์ จินตนา	สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์
18. ผศ.ดร.ลักษณนารา ขวัญชุม	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
19. คุณพินทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์	ข้าราชการเกษียณกรมป่าไม้
20. คุณยุทธศาสตร์ อนุรักติพันธุ์	กรมพัฒนาที่ดิน
21. รศ.ดร.สุวิทย์ อ่องสมหวัง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
22. ดร.สายัณห์ สัมฤทธิ์ผล	ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (ไบโอเทค สวทช.)
23. ผศ.ดร.เชิดชัย โพธิ์ศรี	มหาวิทยาลัยนครพนม
24. ดร.วินันต์ดา หิมะมาน	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
25. ดร.สุทธิดา มณีเนกคุณ	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช
26. ผศ.ดร.ลักษณนารา ขวัญชุม	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
27. ดร.กันยธัญญ์ สุขิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
28. รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ	มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช
29. ผศ.ดร.อัจฉริยะ โชติขันธ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

30. ดร.วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
31. รศ.ดร.พรรณนิภา เชาวณะ	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์
32. รศ.ดร.อดิศักดิ์ อิศรางกูร ณ อยุธยา	สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ (NIDA)
33. รศ.ดร.รัตนวัฒน์ ไชยวัฒน์	มหาวิทยาลัยมหิดล
34. ผศ.ดร.พีชมา โยธาทักดี	มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ
35. ผศ.ดร.บุญริดา ม่วงศรีเมืองดี	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
36. ดร.พนิดา รุ่งรัตนกุล	กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ข. ผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัย

ชื่อ - สกุล	สังกัด
1. ผศ.ดร.พรเทพ เหมือนพงษ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผศ.ดร.นิสา เหล็กสูงเนิน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ดร.พิศุทธิ์ ศิริพันธุ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4. ดร.ศุภศิษย์ ศรีอักษรินทร์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
5. ผศ.ดร.แสงสรรค์ ภูมิสถาน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
6. ผศ.ดร.กฤษฎาพันธุ์ ผลากิจ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
7. ผศ.ดร.วรงค์ สุขแสวด	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
8. ผศ.ดร.พิชิต ลำไย	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

THAI JOURNAL OF FORESTRY



Owner

Faculty of Forestry, Kasetsart University

Editor - in - Chief

Assist.Prof.Dr.Roongreang Poolsiri *Kasetsart University*

Editorial Board

Prof.Dr.Nipon Tangtham

Forestry Alumni Association

Assoc.Dr.Utis Kutintara

Forestry Alumni Association

Prof.Dr.Dokrak Marod

Kasetsart University

Assoc.Prof.Dr.San Kaitpraneet

Forestry Alumni Association

Assoc.Prof.Dr.Decha Wiwatwitaya

Kasetsart University

Assoc.Prof.Dr.Santi Suksard

Kasetsart University

Assoc.Prof.Dr.Prateep Duengkae

Kasetsart University

Assist.Prof.Dr.Nikhom Laemsak

Kasetsart University

Assist.Prof.Dr.Sapit Diloksumpun

Kasetsart University

Assist.Prof.Dr.Kobsak Wanthongchai

Kasetsart University

Assist.Prof.Dr.Pasuta Sunthornhao

Kasetsart University

Manager

Mrs. Waraporn Lumyai

Journal Office

Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND

Phone : 0-2942-8899 E-mail: frc@ku.th Web site: tci.thaijo.org/index.php/tjf

Prof.Dr.Soonporn Khamyong

Chiang Mai University

Assoc.Prof.Dr.Sura Pattanakiat

Mahidol University

Assoc.Prof.Dr.Kriangsak Sri-Ngernyuan

Maejo University

Assoc.Prof.Dr.Dusit Wechkit

Sukhothai Thammathirat Open University

Assist.Prof.Dr.Chirdsak Thapayai

Naresuan University

Assist.Prof.Dr.Bunvong Thaiutsa

Royal Project Foundation

Assist.Prof.Dr.Kansri Boonprakob

Ramkhamhaeng University

Prof.Dr.Olavi Luukkanen

University of Helsinki, Finland

Prof.Dr.Hiroshi Takeda

Kyoto University, Japan

Prof.Dr.Roger Kjellgren

Utah State University, USA

Dr.Andrew J. Warner

Kasetsart University

Assistant Manager

Ms. La-ongdao Thaopimai

Thai Journal of Forestry (TJF) was established in 1982 under Faculty of Forestry, Kasetsart University, Thailand, and publishes paper concerning on forestry research of special interest articles are dealing with forest ecology, forest management, forest economic, silviculture, watershed, biological diversity conservation, morphology and physiology of vegetation and wildlife, etc. To better circulate the research from Thai and international researchers and contributing scientists to a wider audience. All submitted manuscripts have been reviewed by at least two expert reviewers via the double-blinded review system. TJF is published semi-annually (January-June and July-December). The submission can be done by direct contact to editorial office or by email: frc@ku.th

