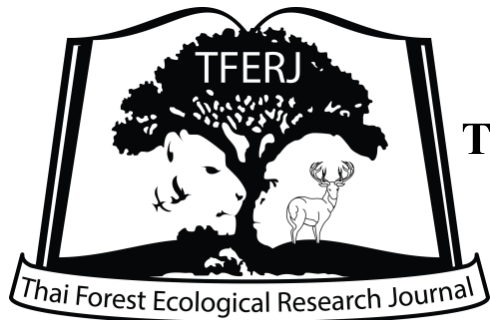




วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1: มกราคม – มิถุนายน 2564

Volume 5 Number 1: January – June 2021

ISSN 2586-9566



พื้นที่ต้นน้ำแม่สาคร จังหวัดน่าน



UNITED NATIONS DECADE ON
**ECOSYSTEM
RESTORATION**
2021-2030

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บรรณาธิการ

เจ้าของ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

ศ.ดร.ดอกรัก มารอด

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กองบรรณาธิการ

รศ.ดร.อุทิศ ภูอินทร์

สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์

รศ.ดร.ประทีป ดั่งวง

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.นันทชัย พงษ์พัฒนานุรักษ์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

รศ.ดร.สราวุธ สังข์แก้ว

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผศ.ดร.แหลมไทย อาษานอก

มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ

ดร.ยอดชาย ช่วยเงิน

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ดร.ณรงค์ ภูณขุนทด

กรมป่าไม้

รศ.ดร.สุระ พัฒนเกียรติ

มหาวิทยาลัยมหิดล

รศ.ดร.สุนทร คำของ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินวง

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผศ.ดร.เชิดศักดิ์ ทัพโพ

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ดร.ทรงธรรม สุขสว่าง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช

นายชิงชัย วิริยะบัญชา

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

นายสำเริง ปานอุทัย

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ดร.วรคตต์ แจ่มจำรูญ

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

ผู้จัดการ

นางสาวนันทมน โพธิะราช

ผู้ช่วยผู้จัดการ

นางสาวอริรัตน์ ญาณวุฒิ

ภาพปก: รศ.ดร.แหลมไทย อาษานอก

สำนักงานกองบรรณาธิการ

ศูนย์ประสานงานเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย

ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ & โทรสาร : 0 2579 0176, 0 2942 8107

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

Web site: <http://www.tferj.forestku.com>

สารบัญ

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

โครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ปลูกป่าพื้นฟูอายุ 40 ปี บริเวณต้นน้ำแม่สาคร จังหวัดน่าน อนุสรณ์ สะสันดี รุ่งรวี ทวีสุข พัทธกัญญาไทย ประโมลี อนุพงษ์ กาพจันทร์ และ แหลมไทย อาษานอก	1
อิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมต่อการกระจายของชนิดไม้ป่าเต็งรัง ป่าสงวนป่าสนทราย อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ สุธีระ เหมอิก วิทยุภาส สังพาลี พิศพันธ์ ทองเปลว และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินขวง	17
ลักษณะสังคมพืชและปัจจัยดินของป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ ปรัชญาภรณ์ ศรีคุณ รุ่งรวี ทวีสุข พัทธกัญญาไทย ประโมลี เพชรรัตน์ จันทร์แก้ว และ แหลมไทย อาษานอก	33
โครงสร้างและพลวัตป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) ประนอม ชุมเรียง นันทิกานต์ ปะดุกา และ ณิชกาญจนา ด้วงอ่อน	53
ความแตกต่างของการให้บริการทางนิเวศด้านการให้น้ำจากกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่ต่างกัน บริเวณลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่ อรกานต์ เกษรบัว วินัส ต่วนเครือ และ ยุทธพงษ์ ศิริมงคล	65
ปัจจัยแวดล้อม และโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ในจังหวัดปทุมธานี นนทชา สังข์น้ำมันต์ วัฒนชัย ตาแสน และ ยงยุทธ ไตรสุรัตน์	79
ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อการเติบโตและคุณภาพการให้สีครามของห้อม (<i>Baphicacanthus cusia</i> (Nees.) Bremek.) ในพื้นที่จังหวัดแพร่ ณัฐพร จันทร์ฉาย และ อัญศญา บุญประจวบ	91
อิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอด และความหลากหลายของไม้ต้นต่อการเติบโตของกาแฟอาราบิก้าภายใต้ร่มเงา บริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน และสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ ปณิดา กาจิณะ นริศ ยิ้มแย้ม ชีระพงษ์ เสาวภาคย์ และ นลัท มัทวัง	105

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 40 ปี บริเวณต้นน้ำแม่สาคร จังหวัดน่าน

อนุสรณ์ สะสันติ¹ รุ่งวิ ทวีสุข²

พิทักษ์ไทย ประโมลี² อนุพงษ์ กาพจันทร์² และ แหลมไทย อาษานอก^{3*}

รับต้นฉบับ: 6 มีนาคม 2564

ฉบับแก้ไข: 16 เมษายน 2564

รับลงพิมพ์: 19 เมษายน 2564

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่ฟื้นฟูป่าสามารถทำให้ทราบถึงการตั้งตัวของสังคมพืชและอื่นจะนำไปสู่การประเมินความสำเร็จในการฟื้นฟูป่า โดยเฉพาะการฟื้นฟูป่าต้นน้ำถือเป็นเรื่องเร่งด่วนสำหรับการจัดการป่าไม้เพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยดินและองค์ประกอบชนิดไม้ต้นที่ขึ้นเจริญทดแทนในพื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 40 ปี ด้วยชนิดไม้ที่แตกต่างกัน รวมถึงป่าผสมผลัด บริเวณต้นน้ำแม่สาคร จังหวัดน่าน โดยการวางแผนขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ในพื้นที่แปลงปลูกป่า ได้แก่ แปลงปลูกประดู่ แปลงปลูกสัก และ แปลงปลูกยูคาลิปตัส และป่าผสมผลัดใบ โดยวางแผนตัวอย่างสังคมพืชละ 5 แปลง รวมทั้งสิ้น 20 แปลง แล้วทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดของไม้ต้น ปัจจัยดิน เพื่อวิเคราะห์หาค่าลักษณะทางสังคม และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินและสังคมพืช ผลการศึกษา พบว่ามีจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 61 ชนิด 53 สกุล 27 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 476 ต้น โดยแปลงปลูกประดู่ และ แปลงปลูกสัก มีค่าดัชนีความหลากหลาย ขนาดพื้นที่หน้าตัด ความหนาแน่น และดัชนีความคล้ายคลึง ใกล้เคียงกับป่าผสมผลัดใบมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับป่าที่ปลูกฟื้นฟูด้วยไม้ยูคาลิปตัส และพบว่าปริมาณแมกนีเซียมในดินเป็นปัจจัยกำหนดชนิดไม้เด่นที่ขึ้นเจริญทดแทนในพื้นที่แปลงปลูกสัก ปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นปัจจัยกำหนดชนิดไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบ ชนิดไม้เด่นในแปลงปลูกยูคาลิปตัสสามารถขึ้นอยู่ในพื้นที่ที่มีธาตุอาหารน้อย ส่วนชนิดไม้เด่นในแปลงปลูกประดู่ไม่ปรากฏปัจจัยกำหนดที่ชัดเจน จากผลการศึกษาบ่งชี้ว่าการฟื้นฟูป่าต้นน้ำด้วยการปลูกชนิดไม้พื้นถิ่นสามารถช่วยให้สภาพป่ากลับเข้าสู่สภาวะใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติได้ดีกว่าการปลูกไม้โตเร็วต่างกัน

คำสำคัญ: การฟื้นฟูป่า; การทดแทนตามธรรมชาติ; ความหลากหลายชนิด; ไม้พื้นถิ่น; ไม้ต่างถิ่น

¹ส่วนวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ 10900

²สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

³สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

*ผู้รับผิดชอบบทความ: Email: lamthainii@gmail.com

ORIGINAL ARTICLE

**Vegetation structure of tree and edaphic factor in 40-year-old of restoration areas
at Mae Sa Khon head-watershed area, Nan Province**

Anusorn Sasunti¹ Rungrawee Taweesuk²

Pitakthai Pramosee² Anuphong Grapjun² and Lamthai Asanok^{3*}

Received: 6 March 2021

Revised: 16 April 2021

Accepted: 19 April 2021

ABSTRACT

The study of vegetation structure on restoration area can be linked to the plant community establishment and the success of forest restoration. Especially, head watershed restoration is urgently for soil and water conservation. This study investigated the relationship between edaphic factors and tree composition regenerated in 40-year old restoration areas with different promoted species at Mae Sa Kron head watershed, Nan province. The 20 m x 20 m sampling plots were established in the restoration site with different planted species were *Pterocarpus macrocarpus* (PMP), *Tectona grandis* (TGP), and *Eucalyptus camaldulensis* (ECP) plantation, and also old-growth of mixed deciduous forest (MDF). Five sampling plots were established in each site, 20 plots in total. The soil sample and species composition were collected for community characteristics analysis. The results show that; 61 species 53 genera and 27 family all of 476 trees were found. The PMP and TGP showed that the community characteristic such as diversity index, basal area, stem density, and similarity index slightly similar MDF than ECP plantation site. The relationship between soil and species composition showed that Magnesium related to dominant species which regenerated in TGP and PMP sites. Organic matter was related to dominant species of MDF, the dominant species in ECP site show high value of regeneration in poor soil, but dominant species in PMP not clearly the preventing factors. The results suggested that the restoration practice in the head watershed area planted native tree species had succeeded more than faster growth exotic species.

Key words: Forest restoration; Natural succession; Species diversity; Native species; Exotic species

¹Watershed Research Division, Watershed Conservation and Management Office, Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, 10900 Bangkok

²Department of Forest Management, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140, Phrae

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

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

คำนำ

พื้นที่ป่าต้นน้ำเป็นพื้นที่กักเก็บน้ำตามธรรมชาติที่สำคัญ การฟื้นฟูป่าต้นน้ำจึงเป็นสิ่งจำเป็นเร่งด่วน โดยเฉพาะการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ให้คงอยู่ในพื้นที่สูงชัน (Saad *et al.*, 2018) จากแผนการปฏิรูปประเทศด้านทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กำหนดแนวทางการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมและภูเขาหัวโล้นได้กำหนดให้ดำเนินการในพื้นที่ต้นน้ำลำธารที่สำคัญ เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ให้เกิดความยั่งยืน (Chankaew, 2008) ดังนั้นกรมป่าไม้ในอดีตจึงเร่งดำเนินการฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำลำธารให้มีสภาพป่าสมบูรณ์ ด้วยมาตรการที่เหมาะสมสอดคล้องกับแผนพัฒนาของชาติและนโยบายป่าไม้ (Royal Forest Department, 2019) ปัจจุบันหน่วยงานที่รับผิดชอบเกี่ยวกับการฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ได้ให้ความสำคัญต่อการฟื้นฟูป่าต้นน้ำอย่างต่อเนื่อง โดยมีสำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรง เนื่องจากพื้นที่ป่าต้นน้ำมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกสูง (Sonsab *et al.*, 2018)

การฟื้นฟูป่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเข้าใจถึงลักษณะทางนิเวศวิทยาของชนิดไม้ที่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกฟื้นฟูในสภาพพื้นที่ที่มีความรุนแรงของการรบกวนที่แตกต่างกัน (Chazdon, 2017) ดังนั้นจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการฟื้นฟูป่าอยู่เป็นจำนวนมาก เช่น การฟื้นฟูโดยใช้ไม้โครงสร้าง (Elliott *et al.*, 2003) การฟื้นฟูโดยการปลูกไม้เศรษฐกิจโตเร็ว เช่น กระถินณรงค์ และ ยูคาลิปตัส (Hermhuk *et al.*, 2019) หรือการนำลักษณะเชิงหน้าที่ของ

พรรณพืชมาใช้ในการพิจารณาชนิดไม้ที่มีศักยภาพในการฟื้นฟูป่า เป็นต้น (Asanok *et al.*, 2013) นอกจากนั้นการฟื้นฟูป่ายังจำเป็นต้องพิจารณาถึงปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมกับชนิดไม้ที่ใช้ฟื้นฟู เช่น ปัจจัยด้านดิน ภูมิอากาศ และ ภูมิประเทศ เป็นต้น (FORRU, 2015) โดยเฉพาะปัจจัยดินนอกจากจะทำให้ชนิดไม้ที่นำมาปลูกเติบโตได้ดีแล้ว ยังช่วยส่งเสริมให้มีการเจริญทดแทนตามธรรมชาติได้ดียิ่งขึ้น (Estrada-Villegas *et al.*, 2019) เพราะดินถือว่าเป็นปัจจัยจำกัดที่สำคัญสำหรับการตั้งตัวของสังคมพืช (Ahmad *et al.*, 2016) ดังนั้นการสำรวจติดตามการตั้งตัวของสังคมพืชในพื้นที่ฟื้นฟูป่าจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยดินที่เหมาะสมกับสังคมพืชหรือกับพืชแต่ละชนิดด้วย ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจถึงกลไกของความสำเร็จในการฟื้นฟูป่ามากยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตามพื้นที่ฟื้นฟูป่าต้นน้ำในอดีตที่มีอยู่จำนวนมากยังขาดการสำรวจติดตามความสำเร็จของการฟื้นฟูอย่างจริงจัง โดยเฉพาะการตรวจสอบองค์ประกอบชนิดไม้ที่ใช้ในการฟื้นฟูและชนิดไม้อื่น ๆ ที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ภายหลังจากการฟื้นฟูป่าเป็นเวลานาน

ในปัจจุบันป่าต้นน้ำในพื้นที่จังหวัดน่าน ถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงต่อการถูกบุกรุกเพื่อใช้สำหรับการทำเกษตรกรรม (Sonsab *et al.*, 2018) ลุ่มน้ำแม่สาคร ตั้งอยู่อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ถือเป็นป่าต้นน้ำที่สำคัญอีกพื้นที่หนึ่งของต้นน้ำน่าน ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของสถานีวิจัยต้นน้ำน่าน เดิมพื้นที่ส่วนใหญ่มีสภาพเป็นป่าผสมผลัดใบ ซึ่งในอดีตมีการบุกรุกเข้าทำกินของชุมชนในพื้นที่ หลังจากนั้นภาครัฐได้ตรวจยึดพื้นที่ที่กินและได้ดำเนินกิจกรรมปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมดังกล่าวในปี 2522 จำนวนรวม 1,400 ไร่

โดยแบ่งพื้นที่เป็นแปลงปลูกป่าแยกตามชนิด ได้แก่ ประดู่ สัก และ ยูคาลิปตัส ซึ่งนับถึงปัจจุบัน แปลงปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูดังกล่าวมีอายุกว่า 40 ปี (Watershed Research Department, 2017) อย่างไรก็ตามจนถึงปัจจุบันยังไม่มีการศึกษาถึงระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่ปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูดังกล่าว ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่ป่าฟื้นฟูด้วยการปลูกชนิดไม้ที่แตกต่างกันภายใต้อิทธิพลของการแปรผันของปัจจัยดิน ทั้งนี้เพื่อสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบนิเวศป่าฟื้นฟูในพื้นที่ต้นน้ำ อันจะสามารถถ่ายทอดความรู้ให้แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจอื่น ๆ ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่สาคร ตั้งอยู่บริเวณตำบลอ่าวนาโหล อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ตำแหน่งพิกัด UTM 47Q 658818 E และ 2044737 N อยู่ในลุ่มน้ำน่าน ลุ่มน้ำย่อยแม่น้ำน่านส่วนที่ 3 อยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าน้ำสา และป่าแม่สาครฝั่งซ้าย มีพื้นที่ 10.899 ตารางกิโลเมตร ความลาดชันของกลุ่มน้ำเฉลี่ยประมาณ 38.43 เปอร์เซ็นต์ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 500 - 800 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยต่อปี 26.43 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1200 มิลลิเมตร (Watershed Research Department, 2017) พื้นที่ป่าไม้ ส่วนใหญ่เป็นป่าผสมผลัดใบ จะพบในที่ราบหรือตามเชิงเขา มีไม้ไผ่ขึ้นปะปนอยู่ กระจายตามความสูงจากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 500 เมตร จึงมีการบุกรุกแผ้วถางเป็นที่ทำกินแล้วปล่อยทิ้งไว้เป็นไร่เลื่อนลอยมากกว่าชนิดอื่น ๆ ซึ่งปัจจุบัน

ป่าชนิดนี้ยังเหลืออยู่ประมาณร้อยละ 98.44 ของพื้นที่ ในอดีตพื้นที่ที่ถูกบุกรุกบางส่วน ต่อมาในปีงบประมาณปี พ.ศ. 2522 ได้ดำเนินการปลูกป่าฟื้นฟูจำนวนรวมพื้นที่ 1,400 ไร่ แบ่งเป็นแปลงปลูกแยกแต่ละชนิด ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) สัก (*Tectona grandis*) และ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) (Watershed Research Department, 2017)

2. การเก็บข้อมูล

1) คัดเลือกพื้นที่ตัวแทนสำหรับวางแปลงตัวอย่างของ 4 สังคมพืช ได้แก่ สังคมพืชป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest; MDF) และแปลงปลูกป่าฟื้นฟู ได้แก่ แปลงปลูกประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* plantation; PMP) แปลงปลูกสัก (*Tectona grandis* plantation; TGP) และ แปลงปลูกยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* plantation; ECP) แล้วทำการวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (purposive sampling) ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 5 แปลง ต่อสังคมพืช รวมทั้งสิ้น 20 แปลง ทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดพรรณพืชของไม้ยืนต้นทุก ๆ แปลง โดยการบันทึกข้อมูลไม้ต้นทุกต้นที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร (Diameter at Breast Height, DBH) มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร โดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma and Suddee (2014)

2) ทำการเก็บข้อมูลดิน โดยสุ่มชุดตัวอย่างดินภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ทุกแปลง จำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลาง และมุมทั้ง 4 โดยเก็บแบบทำลายโครงสร้างดินแล้วทำการคลุกเคล้าตัวอย่างดินทั้ง

5 จุดให้เข้ากัน เพื่อวิเคราะห์หาอนุภาคดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ณ ห อ ง ป ฎิ บั ติ ก า ร ค ณ ะ ว น ศ า ส ต ร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าเชิงปริมาณขององค์ประกอบพรรณไม้ในแต่ละสังคมพืชตามวิธีการของ Marod and Kutintara (2012) ได้แก่ ดัชนีค่าความสำคัญของชนิดไม้ (importance value index, IVI) ได้จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้น/เฮกแตร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (dominance, Do: ตร.ม./เฮกแตร์) และความถี่ (frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าเท่ากับค่าดัชนีค่าความสำคัญของชนิดไม้นอกจากนั้นวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลาย (diversity index) โดยประยุกต์ใช้ดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener (H') (Shannon and Weaver, 1949)

2. หาค่าดัชนีความคล้ายคลึง (similarity index, ISs) ของแต่ละสังคมเพื่อให้ทราบว่าสังคมพืชใดมีองค์ประกอบชนิดไม้ใกล้เคียงกันที่สุด โดยใช้สมการของ Sorrensen (1948) ดังนี้

$$IS_s = \frac{2W}{A+B} \times 100$$

เมื่อ IS_s = ดัชนีความคล้ายคลึง

W = ชนิดที่ปรากฏทั้งในสังคม A และ B

A = จำนวนชนิดที่ปรากฏเฉพาะในสังคม A

B = จำนวนชนิดที่ปรากฏเฉพาะในสังคม B

3. ทดสอบความแปรปรวนของคุณสมบัติดินในแต่ละสังคมพืช โดยนำค่าต่าง ๆ ของสมบัติดินมาทดสอบด้วยสถิติ ANOVA ด้วยโปรแกรม SPSS version 14.0

4. ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบชนิดไม้ต้นกับคุณสมบัติดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินเหนียว (clay) อนุภาคทรายแป้ง (silt) ค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) โดยการจัดลำดับ (ordination) ด้วยวิธี Non-Metric Multidimensional Scaling (NMS) เนื่องจากชุดข้อมูลชนิดไม้เป็นแบบ non-parametric เป็นเพราะมีการปลูกไม้เข้าไปในพื้นที่ศึกษา วิเคราะห์ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune and Mefford, 2010)

ผลและวิจารณ์

1. ความหลากหลายและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

จากการวางแผนสำรวจพบจำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมด 61 ชนิด 53 สกุล 27 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 476 ต้น เมื่อพิจารณาแต่ละแปลงพื้นที่พบว่า แปลงปลูกประดู่ พบพรรณไม้ทั้งหมด 31 ชนิด 29 สกุล 20 วงศ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 23.43 ตร.ม./เฮกแตร์ และมีความหนาแน่นเท่ากับ 650 ต้น/เฮกแตร์ เมื่อพิจารณาชนิดที่มีค่าดัชนีค่าความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) เต็ง (*Shorea obtusa*) เพกา (*Oroxylum indicum*) รัง (*Shorea siamensis*)

และ เก็ดดำ (*Dalbergia cultrata*) มีค่าเท่ากับ 82.14, 18.62, 15.97, 14.97 และ 14.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แปลงปลูกสัก พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 33 ชนิด 32 สกุล 18 วงศ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 22.22 ตร.ม./เฮกเตอร์ และมีความหนาแน่นของ หมู่ไม้ เท่ากับ 675 ต้น/เฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ ช่อ (*Gmelina arborea*) กระทุ่มเนิน (*Mitragyna rotundifolia*) และ เก็ดดำ มีค่าเท่ากับ 76.74, 31.22, 28.53, 14.03 และ 12.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แปลงปลูกยูคาลิปตัส พบพรรณไม้ทั้งหมด 29 ชนิด 27 สกุล 19 วงศ์ มีขนาดพื้นที่หน้าตัด เท่ากับ 15.54 ตร.ม./เฮกเตอร์ และมีความหนาแน่นของหมู่ไม้ เท่ากับ 640 ต้น/เฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ประดู่ มะม่วงป่า (*Mangifera caloneura*) เต็ง และ เปล้าหลวง (*Croton persimilis*) มีค่าเท่ากับ 75.20, 60.47, 24.51, 13.09 และ 10.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ป่าผสมผลัดใบ พบพรรณไม้ทั้งหมด 36 ชนิด 30 สกุล 19 วงศ์ โดยมีขนาดพื้นที่หน้าตัด 15.14 ตร.ม./เฮกเตอร์ และความหนาแน่นของหมู่ไม้ 415 ต้น/เฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาชนิดที่มีค่าดัชนีความสำคัญ 5 อันดับแรก ได้แก่ เปล้าหลวง แดง (*Xylia xylocarpa*) ประดู่ กาสำปิก (*Vitex peduncularis*) และเต็ง มีค่าเท่ากับ 23.12, 21.30, 20.00, 19.85 และ 19.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1 and Table 2) เมื่อพิจารณาดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Wiener พบว่าป่าผสมผลัดใบมีค่าสูงสุด (3.30) รองลงมาได้แก่ แปลงปลูกประดู่ แปลงปลูกสัก และยูคาลิปตัส ตามลำดับ (Table 1 and Table 2)

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นและขนาดพื้นที่หน้าตัดจะเห็นว่าป่าผสมผลัดใบมีค่าต่ำสุด เนื่องจากในอดีตพื้นที่แห่งนี้มีการทำไม้และถูกรบกวนอย่างรุนแรงมาก่อน (Watershed Research Department, 2017) จนทำให้ป่าบริเวณนี้มีสภาพเป็นป่ารุ่นสอง (secondary forest) เห็นได้จากการที่ปรากฏชนิดไม้เบิกนำ คือ เปล้าหลวงเข้ามาเป็นชนิดไม้ที่มีความสำคัญอันดับหนึ่งและมีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon – Wiener ก่อนข้างสูง ซึ่งเป็นลักษณะของสังคมพืชป่ารุ่นสอง (Marod and Kutintara, 2012) แต่เมื่อพิจารณาเฉพาะแปลงปลูกสักกลับพบว่าแปลงปลูกยูคาลิปตัสปรากฏค่าความหนาแน่น ขนาดพื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon – Wiener น้อยกว่าแปลงปลูกประดู่และแปลงปลูกสัก อาจเป็นเพราะว่ายูคาลิปตัสซึ่งเป็นชนิดไม้ต่างถิ่นและเป็นพืชที่สามารถหลังสารปฏิชีวนะในราก (Singh and Thakur, 2016) จึงอาจมีผลต่อการยับยั้งการตั้งตัวของพืชชนิดอื่น ๆ ได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อแปลงปลูกดังกล่าวถูกปล่อยทิ้งไว้เป็นเวลานานย่อมสามารถส่งผลให้ไม้ชนิดดั้งเดิมตั้งตัวได้แม้จะไม่เท่าสังคมพืชในแปลงปลูกสักและแปลงปลูกประดู่ก็ตาม สอดคล้องกับการรายงานของ Hermhuk *et al.* (2019) ที่พบแปลงปลูกยูคาลิปตัส สวนป่าขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ สามารถส่งเสริมให้ชนิดไม้ดั้งเดิมเข้ามาตั้งตัวได้จนมีลักษณะคล้ายกับป่าดิบแล้ง ในขณะที่ สัก และ ประดู่ เป็นไม้พื้นถิ่น (native species) และเป็นไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบ (Marod and Kutintara, 2012) จึงทำให้สามารถเจริญเติบโตและส่งเสริมให้ไม้ชนิดอื่นเข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ได้ง่ายขึ้น โดยเฉพาะ ประดู่ ซึ่งเป็นชนิดไม้สำคัญของทุกสังคมพืชในพื้นที่ศึกษา

แสดงว่าไม้ชนิดนี้ตั้งตัวได้ดีที่สุด นั่นอาจเป็นเพราะประจุ่มีความสามารถในการกระจายเมล็ด (seed dispersal) โดยลมจึงสามารถกระจายเมล็ด

ได้ระยะไกล (Koonkhunthod *et al.*, 2007) และสามารถตั้งตัวได้อย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่ถูกรบกวน (Asanok *et al.*, 2020)

Table 1 Ecological characteristics of plant community were shown, including, mixed deciduous forest (MDF), *Pterocarpus macrocarpus* plantation (PMP), *Tectona grandis* plantation (TGP), and *Eucalyptus camaldulensis* plantation (ECP) at Mae Sa Kron Watershed, Nan Province.

Ecological characteristics	PMP	TGP	ECP	MDF
Species	31	33	29	36
Genus	29	32	27	30
Family	20	18	19	19
Stem density (stem ha ⁻¹)	650	675	640	415
Basal area (m ² ha ⁻¹)	23.43	22.22	15.54	15.14
Shannon index (H')	2.78	2.71	2.58	3.30

2. ดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืช

เมื่อพิจารณาดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืช พบว่า แปลงปลูกประจุ่มกับป่าผสมผลัดใบ มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 63.64 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ แปลงปลูกประจุ่มกับแปลงปลูกยูคาลิปตัส แปลงปลูกประจุ่มกับแปลงปลูกสัก แปลงปลูกสักกับป่าผสมผลัดใบ ยูแปลงปลูกคาลิปตัสกับป่าผสมผลัดใบ และแปลงปลูกสักกับแปลงปลูกยูคาลิปตัส มีค่าเท่ากับ 56.67, 56.25, 50.00, 50.00 และ 45.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 3) จากผลข้างต้นแสดงว่าในพื้นที่ศึกษาการฟื้นฟูป่าด้วยการปลูกประจุ่มสามารถชักนำให้ชนิดไม้อื่น ๆ ในป่าผสมผลัดใบเข้ามาตั้งตัวได้ดีกว่าการปลูกสัก และ ยูคาลิปตัส นั่นอาจเป็นเพราะประจุ่มีเรือนยอดโปร่งมากกว่าสักจึงส่งผลให้ชนิดไม้ในป่าผสมผลัดใบซึ่งเป็นชนิดไม้ที่ต้องการแสง (light demanding

species) สำหรับการตั้งตัว (Marod *et al.*, 1999) เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ได้มากกว่าแปลงปลูกสัก ส่วนแปลงปลูกยูคาลิปตัส แม้ว่าจะมีเรือนยอดโปร่งเช่นเดียวกับประจุ่มแต่ใบของยูคาลิปตัสมีสารเคลือบ (wax) จึงเป็นเหตุให้ใบมีการย่อยสลายช้าทำให้ปกคลุมหน้าดินเป็นชั้นหนาส่งผลให้ส่วนสืบพันธุ์คือเมล็ดของไม้ชนิดอื่นตั้งตัวได้ไม่ดี (Guo and Sim, 2002) สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al.* (2003) ที่รายงานว่าแปลงฟื้นฟูป่าบริเวณ สะแกราช จังหวัดนครราชสีมา พลัดของลูกไม้และกล้าไม้ของแปลงปลูกฟื้นฟูด้วยไม้ยูคาลิปตัสมีอัตราการเพิ่มพูนค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงปลูกฟื้นฟูด้วยกระถินณรงค์ และป่าธรรมชาติ จึงเป็นสาเหตุให้แปลงฟื้นฟูด้วยไม้ชนิดนี้มีการฟื้นตัวกลับมาเป็นป่าดั้งเดิมได้ค่อนข้างช้า

Table 2 Ranking of top five species based on the important value index (IVI, %) in each plant community was displayed, including, stem density (D; stem ha⁻¹), basal area (Ba; m² ha⁻¹), and frequency (F; %).

Type	Rank	Species	D	Ba	F	IVI
PMP	1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	185	10.23	100	82.14
	2	<i>Shorea obtusa</i>	45	2.27	20	18.62
	3	<i>Oroxylum indicum</i>	40	0.89	60	15.97
	4	<i>Shorea siamensis</i>	60	0.87	20	14.97
	5	<i>Dalbergia cultrata</i>	40	0.55	60	14.49
TGP	1	<i>Tectona grandis</i>	205	8.45	100	76.74
	2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	65	3.32	80	31.22
	3	<i>Gmelina arborea</i>	55	3.42	60	28.53
	4	<i>Mitragyna rotundifolia</i>	50	0.36	60	14.03
	5	<i>Dalbergia cultrata</i>	35	0.54	60	12.60
ECP	1	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	160	6.12	100	75.20
	2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	140	4.66	80	60.47
	3	<i>Mangifera caloneura</i>	65	1.56	40	24.51
	4	<i>Shorea obtusa</i>	40	0.39	40	13.09
	5	<i>Croton persimilis</i>	20	0.07	60	10.04
MDF	1	<i>Croton persimilis</i>	40	1.05	80	23.12
	2	<i>Xylia xylocarpa</i>	15	2.18	40	21.30
	3	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	15	1.24	100	20.00
	4	<i>Vitex peduncularis</i>	20	1.28	80	19.85
	5	<i>Shorea obtusa</i>	30	1.15	60	19.77

Table 3 Similarity and dissimilar index (%) between plant communities at Mae Sa Kron Watershed were shown which displayed on above and below diagonal value, respectively,

Plant community	PMP	TGP	ECP	MDF
PMP		56.25	56.67	63.64
TGP	43.75		45.16	50
ECP	43.33	54.84		50
MDF	36.36	50	50	

Remarks: the values above and below diagonal matrix indicated similarity and dissimilarity index, respectively

3. สมบัติดิน

พบว่าป่าผสมผลัดใบมีการสะสมอินทรีย์วัตถุมากกว่าแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) รองลงมา ได้แก่ แปลงปลูกสักและแปลงปลูกประดู่ ส่วนแปลงปลูกยูคาลิปตัสมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยที่สุด ส่วนโพแทสเซียม และ แคลเซียม มีปริมาณมากในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ แปลงปลูกสัก และแปลงปลูกประดู่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับแปลงปลูกยูคาลิปตัส ($p < 0.05$) ส่วนฟอสฟอรัสพบมากในพื้นที่แปลงปลูกประดู่ รองลงมา ได้แก่ แปลงปลูกสักและป่าผสมผลัดใบ ส่วนแปลงปลูกยูคาลิปตัสมีปริมาณน้อยที่สุด ($p < 0.05$) ในขณะที่แมกนีเซียม พบมากที่สุดในพื้นที่แปลงปลูกสัก รองลงมา ได้แก่ แปลงปลูกประดู่ และป่าผสมผลัดใบ พบน้อยสุดในแปลงปลูกยูคาลิปตัส ($p < 0.01$) ส่วนอนุภาคดินและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

จากผลการศึกษาดังกล่าวธาตุอาหารส่วนใหญ่จะสะสมในดินของแปลงปลูกสักและแปลงปลูกประดู่ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับป่าผสมผลัดใบ ในขณะที่แปลงปลูกยูคาลิปตัสมีการสะสมธาตุอาหารในดินน้อยที่สุด ในขณะที่อนุภาคดินเหนียว ดินทราย และ ดินทรายแป้งไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อาจเป็นเพราะวัตถุดิบกำเนิดดินในแต่ละแปลงปลูกป่าฟื้นฟูมีความคล้ายคลึงกันแต่การสะสมธาตุอาหารที่แตกต่างกันนั้นอาจมาจากการย่อยสลายของซากพืชที่แตกต่างกัน (Xiaogai *et al.*, 2013) การที่แปลงปลูกยูคาลิปตัสมีการสะสมธาตุอาหารในดินน้อยนั้น เนื่องจากในระยะแรก ๆ ของการปลูกของ

ยูคาลิปตัสที่ร่วงหล่นลงสู่พื้นดินจะมีการย่อยสลายได้ช้าจนปกคลุมหน้าดินจึงเป็นตัวกีดกันการย่อยสลายของซากพืชชนิดอื่นด้วย ในขณะที่ยูคาลิปตัสซึ่งเป็นไม้โตเร็วมีความต้องการธาตุอาหารในดินเป็นจำนวนมากสำหรับการเจริญเติบโต จึงส่งผลให้ดินในพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสมีการสะสมธาตุอาหารได้น้อย (Guo and Sim, 2002) สอดคล้องกับรายงานของ Marod *et al.* (2003) กล่าวว่าในแปลงปลูกยูคาลิปตัสในระยะแรกนั้นจะทำให้ธาตุอาหารในดินลดลงเนื่องจากยูคาลิปตัสเป็นไม้โตเร็วจึงดึงดูดธาตุอาหารในดินไปใช้เป็นจำนวนมาก แต่เมื่อปล่อยแปลงปลูกยูคาลิปตัสทิ้งไว้ให้มีการเจริญทดแทนตามธรรมชาติเป็นเวลานานจะสามารถช่วยให้ธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นจนกลับมาสู่สภาพปกติเนื่องจากเมื่อยูคาลิปตัสโตเต็มที่แล้วมักจะใช้ปริมาณธาตุอาหารน้อยลง อีกทั้งซากพืชของไม้ชนิดอื่น ๆ ที่เข้ามาเจริญทดแทนในพื้นที่สามารถช่วยเพิ่มธาตุอาหารในดินอีกทางหนึ่งด้วย

4. ความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชกับปัจจัยดิน

การลำดับสังคมพืชกับความแปรผันของปัจจัยดินด้วยวิธี NMS พบว่า สังคมพืชสามารถแบ่งออกได้เป็นสามกลุ่ม (Figure 1) ได้แก่

1) กลุ่มที่ถูกกำหนดด้วยปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เป็นปัจจัยหลัก รองลงมาคืออนุภาคดินเหนียว (clay) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดไม้เด่นในสังคมพืชป่าผสมผลัดใบ เช่น หมี่เหมี้น (*Litsea glutinosa*; LITGL) เหมีอดโลด (*Aporosa villosa*; APOVI) โมกมัน (*Wrightia arborea*; WRIAR) เสดลำดำ (*Lagerstroemia loudonii*; LAGLO) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*; XYLXY) รั้ง

(*Shorea siamensis*; SHOSI) และ กาสามปึก (*Vitex peduncularis*; VITPE) เป็นต้น

2) กลุ่มพืชที่ถูกกำหนดด้วยปริมาณธาตุแมกนีเซียม เช่น จิกน้ำ (*Barringtonia acutangula*; BARCA) สัก (*Tectona grandis*; TECGR) กระพี้จั่น (*Millettia brandisiana*; MILBR) ช่อ (*Gmelina arborea*; GMEAR) เก็ดคำ (*Dalbergia cultrata*; DALCU) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens*; DALNI) และ กระทุ่มเนิน (*Mitragyna rotundifolia*; MITRO) เป็นต้น ชนิดไม้เหล่านี้ส่วนใหญ่ปรากฏในแปลงปลูกสัก

3) กลุ่มพืชที่สามารถตั้งตัวได้ในพื้นที่ที่มีธาตุอาหารแมกนีเซียมต่ำซึ่งตรงกันข้ามกับพืชในกลุ่มที่หนึ่ง ส่วนใหญ่เป็นชนิดไม้เด่นในแปลง

ปลูกยูคาลิปตัส เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*; PTEMA) มะม่วงป่า (*Mangifera caloneura*; MANST) ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*; EUCCA) มะกอก (*Spondias pinnata*; SPOPI) และ ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana*; LAGDU) เป็นต้น

ชนิดไม้เด่นในแปลงปลูกประดู่ มีกระจายได้ทั้งสามกลุ่มแสดงให้เห็นว่าช่วงความจำกัดทางนิเวศวิทยาค่อนข้างกว้าง จึงสามารถตั้งตัวได้ตามสมบัติดินที่มีความผันแปรแตกต่างกันไประหว่างพื้นที่ป่าฟื้นฟูและป่าผสมผลัดใบตามธรรมชาติ

Table 4 Comparison (mean $\pm$ standard deviation) of soil condition; Sand (%), Silt (%), Clay (%), pH, organic matter (OM, %), total nitrogen (N, %), phosphorus (P, mg kg⁻¹), potassium (K, mg kg⁻¹), calcium (Ca, mg kg⁻¹), magnesium (Mg, mg kg⁻¹) of *Tectona grandis* plantation (TGP), *Pterocarpus macrocarpus* plantation (PMP) and *Eucalyptus camaldulensis* (ECP) plantation and mixed deciduous forest (MDF) on Mae Sa Kron Watershed.

Soil	PTP	TGP	ECP	MDF	Sig.
Sand	39.70 $\pm$ 12.46	38.20 $\pm$ 7.94	41.10 $\pm$ 5.70	36.80 $\pm$ 4.24	NS
Silt	29.80 $\pm$ 6.90	27.00 $\pm$ 5.78	26.00 $\pm$ 2.91	26.20 $\pm$ 1.78	NS
Clay	30.40 $\pm$ 6.05	34.60 $\pm$ 4.58	32.60 $\pm$ 4.06	36.60 $\pm$ 3.46	NS
pH	5.51 $\pm$ 0.37	5.61 $\pm$ 0.24	5.11 $\pm$ 0.20	5.28 $\pm$ 0.42	NS
OM	5.17 $\pm$ 1.45 ^{ab}	4.05 $\pm$ 0.98 ^{ab}	3.67 $\pm$ 0.85 ^b	6.19 $\pm$ 1.26 ^a	**
N	0.17 $\pm$ 0.04	0.19 $\pm$ 0.02	0.14 $\pm$ 0.01	0.22 $\pm$ 0.08	NS
P	12.31 $\pm$ 10.12 ^a	8.78 $\pm$ 9.35 ^{ab}	4.43 $\pm$ 0.79 ^b	7.76 $\pm$ 3.02 ^{ab}	*
K	99.88 $\pm$ 70.02 ^a	85.85 $\pm$ 24.11 ^a	60.56 $\pm$ 14.38 ^b	80.91 $\pm$ 16.99 ^a	*
Ca	527.96 $\pm$ 68.84 ^a	584.16 $\pm$ 43.90 ^a	135.59 $\pm$ 60.16 ^b	560.92 $\pm$ 70.17 ^a	*
Mg	182.42 $\pm$ 30.05 ^b	214.61 $\pm$ 20.62 ^a	126.58 $\pm$ 20.87 ^c	177.83 $\pm$ 45.08 ^b	**

Remark: NS = non-significant * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$; a, b, and c in same low indicates same statistic grouping.

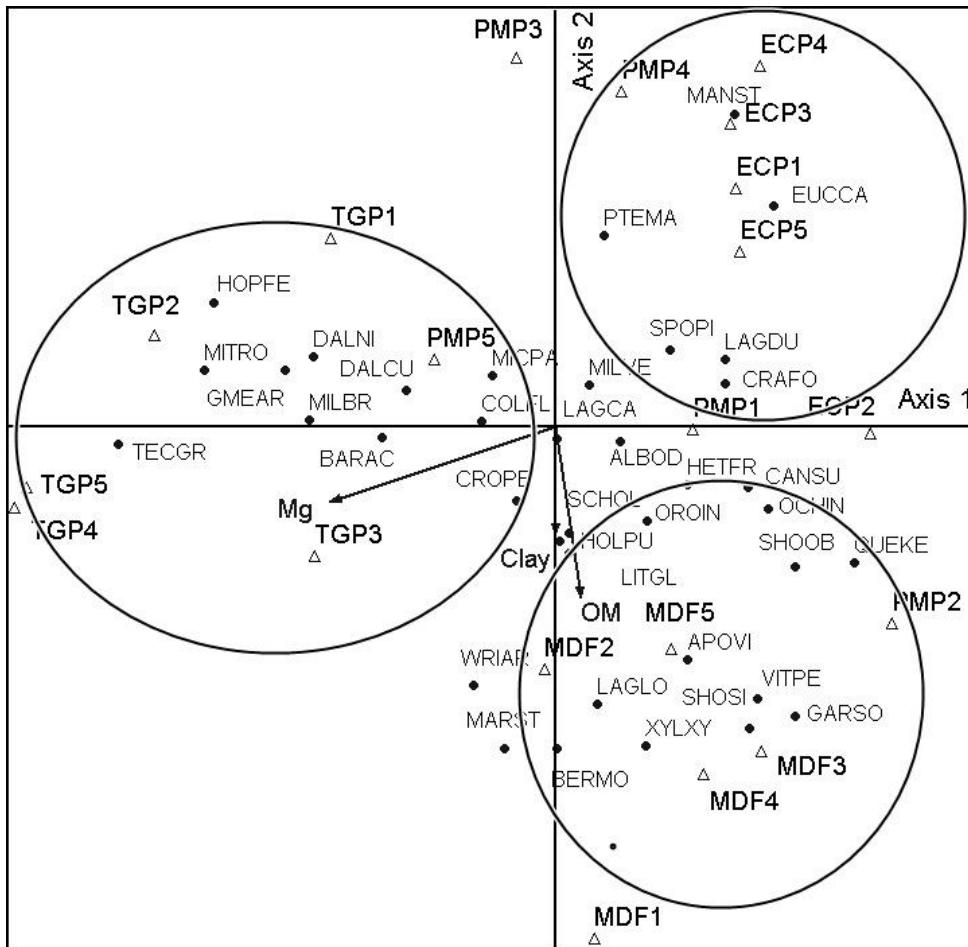


Figure 1 Non-Metric Multidimensional Scaling (NMS) ordination of environmental variables; organic matter (OM, %), clay (Clay, %) and magnesium (Mg, mg kg⁻¹) affecting the dominant tree species distribution in stands (Δ) of *Tectona grandis* plantation (TGP), *Pterocarpus marcrocarpus* plantation (PMP), *Eucalyptus camaldulensis* plantation (ECP) and mixed deciduous forest (MDF) at Mae Sa Kron Watershed. The abbreviates represented the tree species which listed in Appendix 1.

เมื่อพิจารณาปัจจัยดินที่มีอิทธิพลต่อการปรากฏสังคมพืชกลับพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ อนุภาคดินเหนียว และแมกนีเซียม แสดงออกอย่างชัดเจนต่อการกำหนดกลุ่มพืช ซึ่งชนิดไม้ที่ปรากฏในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบถูกกำหนดด้วยปริมาณของอินทรีย์วัตถุ และอนุภาคดินเหนียว เนื่องจากป่าผสมผลัดใบเป็นป่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจึงมีการสะสมปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นจำนวนมากเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงปลูกป่า

ฟื้นฟู อย่างไรก็ตามชนิดไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบ เหล่านี้ยังเป็นชนิดไม้เด่นในแปลงฟื้นฟูป่าอีกด้วย โดยเฉพาะแปลงปลูกประดู่ที่มีค่าดัชนีความคล้ายคลึงกับป่าผสมผลัดใบมากที่สุด ขณะที่อนุภาคดินเหนียวซึ่งมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำได้ดีก็มีส่วนช่วยให้ความชื้นในดินมีค่าสูงกว่ากลุ่มพืชอื่น ๆ จึงอนุมานได้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุและอนุภาคดินเหนียวเป็นปัจจัยกำหนดชนิดไม้ของป่าผสมผลัดใบที่เข้าไปตั้งตัวในพื้นที่แปลงฟื้นฟู

ป่าด้วยเช่นกัน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุเป็นวัตถุดิบ
กำเนิดที่ย่อยสลายกลายเป็นธาตุอาหารต่าง ๆ
ที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช
(Massaccesi *et al.*, 2020) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ
ในดินยังส่งผลต่อความหลากหลายในสังคมพืช
เนื่องจากสามารถส่งผลกระทบต่อระหว่างพรรณพืช
ที่ร่วมกับสารประกอบต่าง ๆ ในดิน รวมถึงความ
หลากหลายของจุลินทรีย์ที่ปรากฏในดินอีกด้วย
(Moujahid *et al.*, 2017) ในขณะที่แมกนีเซียมเป็น
ปัจจัยกำหนดที่สำคัญต่อชนิดไม้ที่ขึ้นในแปลง
ปลูกสัก ซึ่งแมกนีเซียมถือว่าเป็นธาตุอาหารรอง
แต่มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช
เนื่องจากมีคุณสมบัติในการเป็นองค์ประกอบ
ของคลอโรฟิลล์ ช่วยในการเคลื่อนย้ายอาหารใน
พืชและเป็นตัวนำพาฟอสฟอรัสในการดูดซึมจาก
รากไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช อีกทั้งเป็นตัวเร่ง
และเป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ของพืชหลาย
ชนิด และมีบทบาทที่สำคัญในการสังเคราะห์แสง
(Senbayram *et al.*, 2015) จึงทำให้หมู่ไม้ที่ปรากฏ
ในพื้นที่แปลงปลูกสักตั้งตัวได้อย่างรวดเร็ว ส่วน
ชนิดไม้เด่นที่ปรากฏในสังคมพืชแปลงปลูกยูคา
ลิปตัสนั้นถูกกำหนดด้วยปริมาณธาตุอาหารที่
น้อยตรงกันข้ามกับสองกลุ่มแรก แสดงว่าชนิด
พืชเหล่านี้มีความทนทานทางนิเวศสูงเนื่องจาก
สามารถตั้งตัวได้ในพื้นที่ที่มีธาตุอาหารน้อย
(Papuga *et al.*, 2018) ดังนั้นชนิดพืชเหล่านี้จึง
เป็นกุญแจที่สำคัญที่ช่วยให้เกิดความหลากหลาย
ขึ้นในพื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัสและส่งผลให้
พื้นที่ดังกล่าวมีสภาพใกล้เคียงกับป่าดั้งเดิมมาก
ยิ่งขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ Asanok *et al.*
(2020) ที่กล่าวว่าพืชที่มีความทนทานต่อสภาพ
ความเค็มของปัจจัยสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่มักเป็น
ชนิดทั่วไป (generalist species) ซึ่งสามารถ

กระจายอยู่ได้ในหลาย ๆ พื้นที่ เช่น ประดู่ เป็น
พืชที่สามารถตั้งตัวได้ดีทั้งในพื้นที่สังคมพืชป่า
ผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง และสามารถตั้งตัวได้ดี
ในพื้นที่ชายป่าอีกด้วย

สรุป

ความหลากหลายชนิดไม้ต้น บริเวณพื้นที่ต้น
น้ำแม่สาคร พบจำนวน 61 ชนิด 53 สกุล 27 วงศ์
แปลงปลูกประดู่มีแนวโน้มการฟื้นฟูเข้าสู่ป่าผสม
ผลัดใบธรรมชาติมากที่สุดตามดัชนีความ
คล้ายคลึงระหว่างสังคม (63.64 %) ส่วนแปลง
ปลูกสักกับแปลงปลูกยูคาลิปตัสมีดัชนีความ
คล้ายคลึงเพียงร้อยละ 50 แสดงให้เห็นว่าการ
ฟื้นฟูป่าด้วยการปลูกไม้พื้นถิ่น (ประดู่) สามารถ
ส่งเสริมให้ชนิดไม้ดั้งเดิมเข้ามาตั้งตัวและกลับเข้าสู่
สู่สถานะใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติได้มากกว่าการ
ปลูกไม้ต่างถิ่น (ยูคาลิปตัส) ซึ่งมีความจำเป็นต้อง
กำจัดออกหากต้องการให้พื้นที่ให้เป็นป่าดั้งเดิม
ส่วนสมบัติดินมีผลต่อการปรากฏกลุ่มพืช
แตกต่างกัน โดยปริมาณแมกนีเซียมในดินเป็น
ปัจจัยกำหนดการปรากฏของชนิดไม้เด่นที่ใน
แปลงปลูกสัก ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุและ
อนุภาคดินเหนียวเป็นปัจจัยกำหนดชนิดไม้เด่น
ในป่าผสมผลัดใบ แตกต่างจากกลุ่มชนิดไม้เด่น
ในแปลงปลูกยูคาลิปตัสที่สามารถขึ้นอยู่ในพื้นที่
ที่มีธาตุอาหารน้อย แสดงให้เห็นว่าชนิดไม้พื้น
ถิ่น มีการปรับตัวต่อช่วงความจำกัดทาง
นิเวศวิทยาแตกต่างกันไป ดังนั้นการฟื้นฟูป่าควร
พิจารณาถึงชนิดพืชที่เหมาะสมต่อปัจจัยแวดล้อม
เพื่อเอื้อต่อการตั้งตัวของชนิดไม้พื้นถิ่น รวมถึง
แนวทางการจัดการนำไม้ต่างถิ่นออกจากพื้นที่
เพื่อให้ป่าฟื้นฟูคืนสู่สังคมพืชดั้งเดิมมากที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหัวหน้า และบุคลากรสถานีวิจัยต้นน้ำน่าน อำเภอเวียงสา จังหวัดน่าน ที่ช่วยอำนวยความสะดวก และอนุเคราะห์สถานที่สำหรับการวิจัย และขอขอบคุณนักศึกษาสาขาวิชาเกษตรป่าไม้ และสาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ช่วยเก็บข้อมูลจนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- Abdullahi, M.Y., D. D. Musa and E. C. Oti. 2017. Allelopathic activity of aqueous leaf extract of *Eucalyptus camaldulensis* on the germination and growth of Cowpea and *Senna obtusifolia*. **International Journal of Current Science and Studies (IJCSS)** 1(1): 41-46.
- Ahmad, K. S., M. Hameed, F. Ahmad and B. Sadia. 2016. Edaphic factors as major determinants of plant distribution of temperate Himalayan grasses. **Pakistan Journal of Botany** 48(2): 567-573.
- Asanok, L., D. Marod, P. Duengkae, U. Pranamongkol, H. Kurokawa, M. Aiba, K. M. Katabuchi and T. Nakashizuka. 2013. Relationships between functional traits and the ability of forest tree species to reestablish in secondary forest and enrichment plantations in the uplands of northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 296: 9-23.
- Asanok, L., R. Taweesuk and N. Papakjan. 2020. Woody Species Colonization along Edge-Interior Gradients of Deciduous Forest Remnants in the Mae Khum Mee Watershed, Northern Thailand. **International Journal of Forestry Research** 2020: 5867376.
- Chankaew, K. 2008. **Principles of watershed management**. Environmental College, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Chazdon, R. L. 2017. Landscape Restoration, Natural Regeneration, and the Forests of the Future. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 102 (2): 251-257
- Elliott, S., P. Navakitbumrung, C. Kuarak, S. Zangkum, V. Anusarnsunthorn and D. Blakesley. 2003. Selecting framework tree species for restoring seasonally dry tropical forests in northern Thailand based on field performance. **Forest Ecology and Management** 184: 177-191.
- Estrada-Villegas, S., M. Bailón, J. S. Hall, S. A. Schnitzer, B. L. Turner, T. Caughlin and M. van Breuge. 2019. Edaphic factors and initial conditions influence successional trajectories of early regenerating tropical dry forests. **Journal of Ecology** 100:1-15.
- FORRU. 2015. **Forest Restoration**. Biology Department, Faculty of Science, Chiangmai University, Chiangmai province. (in Thai)
- Guo, L. B. and R.E.H. Sims. 2002. Eucalypt litter decomposition and nutrient release under a short rotation forest regime and effluent irrigation treatment in New Zealand: II. Internal effects. **Soil Biology and Biochemistry** 34: 913-922.
- Hermhuk, S., W. Sungpalee, K. Sri-Ngernyuan, K. Satiengperakul and T. Meekaew. 2019. Natural Regeneration of Native Plant Species in Restoration Forest by Eucalyptus

- camaldulensis at Khun Han Plantation, Si Sa Ket Province. **Thai Journal of Forestry** 38 (1): 66-80. (in Thai)
- Koonkhunthod, N., K. Sakurai and S. Tanaka. 2007. Composition and diversity of woody regeneration in a 37-year-old teak (*Tectona grandis* L.) plantation in Northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 247, 246–254.
- Marod, D., S. Sungkaew and W. Niamrat. 2003. The invasion of climax species into forest plantation. **Thai Journal of Forestry** 22: 1-15. (in Thai)
- Marod, D. and U. Kutintara. 2012. **Forest Ecology**. Forest Biology Department, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Marod, D., U. Kutintara, C. Yarwudhi, H. Tanaka, and T. Nakashisuka. 1999. Structural dynamics of a natural mixed deciduous forest in western Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10: 777-786.
- Massaccesi, L., M. D. Feudis, A. Leccese and A. Agnell. 2020. Altitude and vegetation affect soil organic carbon, basal respiration and microbial biomass in Apennine Forest Soils. **Forests** 11, 710.
- McCune, B. and M. J. Mefford. 2010. **Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 6.0**. Glenden Beach, OR: MJM Software Design.
- Moujahid, L. E., X. L. Roux, S. Michalet, F. Bellvert, A. Weigelt and F. Poly. 2017. Effect of plant diversity on the diversity of soil organic compounds. **PLoS ONE** 12(2): e0170494.
- Papuga, G., P. Gauthier, V. Pons, E. Farris and J. D. Thompson. 2018. Ecological niche differentiation in peripheral populations: a comparative analysis of eleven Mediterranean plant species. **Ecography** 41: 1–15.
- Pooma, R. and S. Suddee. 2014. **Thai plant names Tem Smitinand**. Office of the Forest Herbarium, Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2019. **National forest policy**. Bangkok. (in Thai)
- Senbayram, M., A. Gransee, V. Wahle and H. Thiel. 2015. Role of magnesium fertilizers in agriculture: plant–soil continuum. **Crop & Pasture Science** 66: 1219–1229.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press, Urbana.
- Singh, R. and R. Thakur. 2016. Antibacterial Activity of *Eucalyptus Camaldulensis* Against Bacteria Causing Food-Borne Illness. **Indian medical gazette** 5:195-199.
- Sonsab, T., W. Arunpraparut and N. Pongpattananurak. 2018. Determination of Forest Encroachment Risk in Head Watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan Province. **Thai Journal of Forestry** 37 (2): 60-70. (in Thai)
- Sorenson, T. 1948. A Method of Establishing Groups of Equal Amplitudes in Plant Sociology Based on Similarity of Species Content and Its Application to Analyses of the Vegetation on Danish Commons. **Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, Biologiske Skrifter** 5: 1-34.
- Thukral, A. K., R. Bhardwaj, V. Kumar and A. Sharma. 2019. New indices regarding the

- dominance and diversity of communities, derived from sample variance and standard deviation. **Heliyon** 5: e02606.
- Watershed Research Department. 2017. **Annual Report 2017**. Nan Watershed Research, Nan. (in Thai)
- Xiaogai, G., Z. Lixiong, X. Wenfa, H. Zhilin, G. Xiansheng and T. Benwang. 2013. Effect of litter substrate quality and soil nutrients on forest litter decomposition: A review. **Acta Ecologica Sinica** 33(2): 102-108

Appendix 1 Tree species of all plant communities; *Tectona grandis* plantation (TGP), *Pterocarpus macrocarpus* plantation (PMP), *Eucalyptus camaldulensis* plantation (ECP) and mixed deciduous forest (MDF) at Mae Sa Kron Watershed was shown.

Thai name	Scientific name	Family	Code
กระเบา	<i>Hydnocarpus calvipetala</i>	ACHARIACEAE	HYDCA
รักใหญ่	<i>Gluta usitata</i>	ANACARDIACEAE	GLUUS
มะม่วงป่า	<i>Mangifera caloneura</i>	ANACARDIACEAE	MANST
มะกอก	<i>Spondias pinnata</i>	ANACARDIACEAE	SPOPI
กะเจียน	<i>Hubera cerasoides</i>	ANNONACEAE	HUBCE
ขางหัวหมู	<i>Miliusa velutina</i>	ANNONACEAE	MILVE
โมกหลวง	<i>Holarrhena pubescens</i>	APOCYNACEAE	HOLPU
โมกมัน	<i>Wrightia arborea</i>	APOCYNACEAE	WRIAR
พระเจ้าร้อยท่า	<i>Heteropanax fragrans</i>	ARALIACEAE	HETFR
แคหัวหมู	<i>Markhamia stipulata</i>	BIGNONIACEAE	MARST
เพกา	<i>Oroxylum indicum</i>	BIGNONIACEAE	OROIN
มะกอกเกลื่อน	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	CANSU
สมอไทย	<i>Terminalia chebula</i>	COMBRETACEAE	TERCH
ตะเคียนหนู	<i>Anogeissus acuminata</i>	COMBRETACEAE	ANOAC
เต็ง	<i>Shorea obtusa</i>	DIPTEROCARPACEAE	SHOOB
รัง	<i>Shorea siamensis</i>	DIPTEROCARPACEAE	SHOSI
ดัดเต้าตัน	<i>Diospyros ehretioides</i>	EBENACEAE	DIOEH
เปล้าหลวง	<i>Croton persimilis</i>	EUPHORBIACEAE	CROPE
เก็ดแดง	<i>Dalbergia assamica</i>	FABACEAE	DALAS
เก็ดดำ	<i>Dalbergia cultrata</i>	FABACEAE	DALCU
กางขี้มอด	<i>Albizia odoratissima</i>	FABACEAE	ALBOD
ฉนวน	<i>Dalbergia nigrescens</i>	FABACEAE	DALNI
กระพี้จั่น	<i>Millettia brandisiana</i>	FABACEAE	MILBR
ประดู่	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	FABACEAE	PTEMA
แดง	<i>Xylia xylocarpa</i>	FABACEAE	XYLXY

Appendix 1 (continued)

Thai name	Scientific name	Family	Code
ก่อพะ	<i>Quercus kerrii</i>	FAGACEAE	QUEKE
ด้วชน	<i>Cratoxylum formosum</i>	HYPERICACEAE	CRAFO
กระบก	<i>Irvingia malayana</i>	IRVINGIACEAE	IRVMA
ซ้อ	<i>Gmelina arborea</i>	LAMIACEAE	GMEAR
สัก	<i>Tectona grandis</i>	LAMIACEAE	TECGR
ผ่าเสี้ยน	<i>Vitex canescens</i>	LAMIACEAE	VITCA
กาสามปีก	<i>Vitex peduncularis</i>	LAMIACEAE	VITPE
หมีเหม็น	<i>Litsea glutinosa</i>	LAURACEAE	LITGL
จิกน้ำ	<i>Barringtonia acutangula</i>	LECYTHIDACEAE	BARAC
กระโดน	<i>Careya arborea</i>	LECYTHIDACEAE	CARAR
ตะแบกแดง	<i>Lagerstroemia calyculata</i>	LYTHRACEAE	LAGCA
ตะแบกเปลือกบาง	<i>Lagerstroemia dupperreana</i>	LYTHRACEAE	LAGDU
เสลดคำ	<i>Lagerstroemia loudonii</i>	LYTHRACEAE	LAGLO
ปอเลียงมัน	<i>Berrya mollis</i>	MALVACEAE	BERMO
จ้าวป่า	<i>Bombax anceps</i>	MALVACEAE	BOMAN
จ้าวแดง	<i>Bombax ceiba</i>	MALVACEAE	BOMCE
ปอขาย	<i>Colona flagrocarpa</i>	MALVACEAE	COLFL
พลับพล	<i>Microcos paniculata</i>	MALVACEAE	MICPA
ปออีเก้ง	<i>Pterocymbium tinctorium</i>	MALVACEAE	PTETI
ปอเกี๋ยดแดง	<i>Sterculia macrophylla</i>	MALVACEAE	STEMA
กัคลิ้น	<i>Walsura pinnata</i>	MELIACEAE	WALTI
มะเดื่ออุทุมพร	<i>Ficus racemosa</i>	MORACEAE	FICRA
ยูคาลิปตัส	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	MYRTACEAE	EUCCA
ช้านาว	<i>Ochna integerrima</i>	OCHNACEAE	OCHIN
เม่าไข่ปลา	<i>Antidesma ghaesembilla</i>	PHYLLANTHACEAE	ANTGH
เหมือดโลด	<i>Aporosa villosa</i>	PHYLLANTHACEAE	APOVI
เต็งหนาม	<i>Bridelia retusa</i>	PHYLLANTHACEAE	BRIRE
มะขามป้อม	<i>Phyllanthus emblica</i>	PHYLLANTHACEAE	PHYEM
คำมอกหลวง	<i>Gardenia sootepensis</i>	RUBIACEAE	GARSO
ส้มกบ	<i>Hymenodictyon orixense</i>	RUBIACEAE	HYMOR
กระทุ่มเนิน	<i>Mitragyna rotundifolia</i>	RUBIACEAE	MITRO
ยอป่า	<i>Morinda coreia</i>	RUBIACEAE	MORCO
ยางเหียง	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	DIPTEROCARPACEAE	DIPOB
ตะคร้อ	<i>Schleichera oleosa</i>	SAPINDACEAE	SCHOL

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมต่อการกระจายของชนิดไม้ป่าเต็งรัง ป่าสงวนป่าสนทราย

อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่

สุธีระ เหมฮัก¹* วิชญ์ภาส สังพาลี¹ พีรพันธ์ ทองเปลว¹ และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง^{2,3}

รับต้นฉบับ: 16 มีนาคม 2564

ฉบับแก้ไข: 30 มีนาคม 2564

รับลงพิมพ์: 5 เมษายน 2564

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของชนิดพรรณไม้ป่าเต็งรังตามธรรมชาติ ในพื้นที่ป่าสงวนป่าสนทราย อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ ทำการศึกษาเมื่อปี 2563 โดยทำการวางแผนแปลงแบบเป็นระบบจากแผนที่สภาพภูมิประเทศ ซึ่งมีระยะห่างระหว่างจุดสำรวจ 200 เมตร ทั้งหมด 15 จุดสำรวจ แต่ละจุดสำรวจทำการวางแผนแปลงตัวอย่างชั่วคราวขนาด 30 เมตร x 30 เมตร จำนวน 3 แปลงตัวอย่าง แต่ละแปลงห่างกัน 50 เมตร ทำการระบุชนิด และวัดขนาดต้นไม้ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1 เซนติเมตรขึ้นไป และปัจจัยแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับลักษณะภูมิประเทศจากแผนที่ช่วงชั้นความสูง และคุณสมบัติของดินจากการเก็บดินชั้นบน นำมาวิเคราะห์หาโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ การจัดกลุ่มหมู่ไม้ ความแตกต่างระหว่างปัจจัยแวดล้อมในแต่ละสังคมย่อย และปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายของแต่ละชนิดพรรณไม้ ผลการศึกษาพบว่าป่าเต็งรังในพื้นที่มีชนิดไม้ทั้งหมด 51 ชนิด 37 สกุล 27 วงศ์ เนื้อดินมีอนุภาคทรายเป็นหลักโดยทั้งพื้นที่มีอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 50 การจัดกลุ่มหมู่ไม้ที่ระดับความคล้ายคลึงที่ร้อยละ 60 สามารถจัดจำแนกหมู่ไม้ออกเป็น 5 หมู่ไม้ ได้แก่ หมู่ไม้พลวง หมู่ไม้เต็ง หมู่ไม้รัง หมู่ไม้เหียง-รัง และหมู่ไม้เหียง-เต็ง โดยหมู่ไม้รังนั้นพบพรรณไม้มากที่สุดที่ 39 ชนิด โดยได้รับอิทธิพลจากปัจจัยด้านความใกล้เคียงจากแหล่งน้ำธรรมชาติมากกว่าหมู่ไม้อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปัจจัยอื่น ๆ ไม่มีอิทธิพลต่อการจัดกลุ่มหมู่ไม้ และผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของชนิดพรรณไม้พบว่ามี 12 ชนิด จาก 51 ชนิดที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 9 ปัจจัย โดยสัดส่วนของอนุภาคดินเหนียวเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อการกระจายของชนิดไม้ โดยสามารถแบ่งได้เป็นกลุ่มชนิดพรรณไม้ที่แปรผันตาม แปรผกผัน และกลุ่มที่ไม่ได้รับอิทธิพลจากเปอร์เซ็นต์อนุภาคดินเหนียว ผลการศึกษาข้างต้นสามารถประยุกต์ใช้ในการฟื้นฟู และการคัดเลือกชนิดไม้มาปลูกเสริมหรือฟื้นฟูพื้นที่ตามปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมให้ประสบความสำเร็จต่อไป

คำสำคัญ: ความต้องการทางนิเวศ ป่าผลัดใบ การจัดกลุ่มหมู่ไม้ ป่าสงวนแห่งชาติ

¹สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

²สาขาการพัฒนากุณิสังคมอย่างยั่งยืน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

³คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

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

ORIGINAL ARTICLE

**Influence of environmental factors on the distribution of tree species in deciduous dipterocarp forest
at San Sai Forest Reserve, San Sai District, Chiang Mai Province**

Sutheera Hermhuk^{1*} Witchaphart Sungpalee¹, Pheeraphan Thongplew and Kriangsak Sri-ngernyuang^{2,3}

Received: 16 March 2021

Revised: 30 March 2021

Accepted: 5 April 2021

ABSTRACT

This research was aimed to study the environmental factors influencing the distribution of tree species in the natural deciduous dipterocarp forest (DDF) in The San Sai Forest Reserve, Chiang Mai Province. 15 survey points were set up systematically 200 m apart. Each survey point contained 3 sampling plots of 30 m x 30 m in size, and each plot was 50 m apart. All tree species with diameter at breast height (DBH) larger than 1 cm were identified and measured in 2020. Species composition was analyzed using stand clustering analysis. One-way ANOVA was used to determine differences in environmental factors among groups, and to elucidate the relationship between these factors and tree species distribution parameters. The results showed that 51 species from 37 genera and 27 families were found. The soil in the area was mainly composed of sand particle (more than 50%). Cluster analysis of tree data based on 60% similarity index revealed five groups of tree stands, which were *Dipterocarpus tuberculatus* stand, *Shorea obtusa* stand, *Shorea siamensis* stand, *Dipterocarpus obtusifolius-Shorea siamensis* stand and *Dipterocarpus obtusifolius-Shorea obtusa* stand. The species diversity value was found the highest in *Shorea siamensis* stand (39 species), which was significantly influenced by the distance from natural water source. However, other factors did not affect stands clustering. Analysis of factors influencing species distribution showed that 12 out of 51 species were found to be associated with 9 environmental factors. Proportion of clay particle in the soil strongly influenced tree distribution. Based on types of responses, trees could be grouped into those that preferred either high or low percentage of clay and those that were not affected by percentage of clay. The relationships between plant distribution and environmental factors are very important for restoration management plans. The selection of suitable species based on their niches is needed to promote successful restoration programs.

Key words: Ecological niche, Deciduous forest, Tree stand clustering, Forest reserved

¹Program in Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

²Program in Geosocial Based Sustainable Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

³Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author: E-mail: h.sutheera@gmail.com

คำนำ

ป่าผลัดใบ (Deciduous forests) เช่น ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest) และป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest) ในเขตร้อนมักพบการกระจายตัวอยู่เหนือเส้นศูนย์สูตร (Nguyen and Baker, 2016; Khaing *et al.*, 2019) ในประเทศไทยพบตามภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนใหญ่ (Santisuk, 2003; Marod and Kutintara, 2009) และสามารถกระจายได้ถึงพื้นที่ภาคกลางและภาคตะวันตกบางส่วน จนถึงจังหวัดเพชรบุรี (Forest herbarium, 2010) พบได้ตั้งแต่พื้นที่ราบ ไปจนถึงภูเขาที่มีความสูงถึง 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล นอกจากนี้ทางภาคเหนือที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตร ยังสามารถพบสังคมป่าเต็งรังขึ้นร่วมกันเป็นแนวบริเวณรอยต่อระหว่างป่าดิบเขา เช่น ในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย (Marod *et al.*, 2019) และในอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ (Teejuntuk *et al.*, 2002)

ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินทรายหรือดินทรายผสมลูกรัง อาจมีหินโผล่เหนือพื้นดินบ้าง การระบายน้ำดี แต่ไม่สามารถเก็บความชื้นไว้ในดินในฤดูแล้งได้ ชนิดไม้ส่วนใหญ่มีระบบนิเวศที่พึ่งไฟ (Fire-dependent ecosystem) คงสภาพอยู่ได้เนื่องจากไฟป่า (Wanthongchai *et al.*, 2014) ต้องมีไฟป่าเข้ามากำจัดเศษวัชพืช หญ้า และเศษซากใบพืชบนพื้นป่า เพื่อให้ส่วนสืบพันธุ์ของพรรณไม้สามารถตกลงสู่พื้นป่าได้โดยตรง เช่น ชนิดไม้วงศ์ยางผลัดใบ (Deciduous Dipterocarpaceae) ที่มีอายุของเมล็ดสั้นประมาณ 1 สัปดาห์ เช่น เต็ง รัง เหียง

พลวง และกราด หรือเผ่าส่วนห่อหุ้มเมล็ดที่มีความแข็งและหนาให้แตกออก เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) กระบาก (*Irvingia malayana*) และกลุ่มไม้ชิงชัน (*Dalbergia* spp.) เป็นต้น (Marod and Kutintara, 2009)

ปัจจุบันป่าเต็งรังในประเทศไทยมักมีการจัดการไฟป่า และการปลูกชนิดไม้เสริมไม่ถูกต้อง ได้แก่ การกันไฟป่าอย่างต่อเนื่องหลายสิบปี (Marod and Kutintara, 2009) การปลูกชนิดไม้ต่างถิ่นหรือต่างระบบนิเวศเพื่อฟื้นฟูป่าเต็งรัง ซึ่งอาจทำให้โครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดไม้เปลี่ยนแปลงไป กระทบต่อการสืบพันธุ์ของกล้าไม้ (Nguyen and Baker, 2016) ส่งผลต่อการกักเก็บคาร์บอน (Carbon stock) ในรูปมวลชีวภาพ และผลผลิตจากป่าที่ไม่ใช่เนื้อไม้ (Non-timber forest product) อันเป็นแหล่งรายได้ของชุมชน เช่นเดียวกับพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่ง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่อนุรักษ์พันธุกรรมพืช ผนวกกับการให้ชาวบ้านในชุมชนข้างเคียง เข้าใช้พื้นที่ในการเก็บหาของป่าตามฤดูกาล และในพื้นที่มีการจัดการแตกต่างกันไป เช่น การกันไฟเป็นระยะเวลานาน และมีพื้นที่ถูกปล่อยให้ไฟป่าเข้าตามฤดูกาลทุกปี อีกทั้งยังมีการปลูกไม้เสริมพื้นที่อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามพรรณไม้ที่มีการปลูกเสริมหรือที่มีอยู่ตามธรรมชาติ อาจตอบสนองต่อปัจจัยแวดล้อมแตกต่างกันออกไป จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของชนิดพรรณไม้ป่าเต็งรัง โดยมี

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของชนิดพรรณไม้ป่าเต็งรังตามธรรมชาติ ในพื้นที่ป่าสงวนป่าสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการป่าเต็งรังให้ถูกต้องตามรูปแบบวิชาการ และนำไปสู่การฟื้นฟูชนิดพรรณไม้ป่าเต็งรังให้ถูกต้องตามปัจจัยแวดล้อมหรือความต้องการทางระบบนิเวศ (Ecological niche) ที่เหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรังที่มีการขอใช้ประโยชน์โดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ขนาด 3,636 ไร่ (5.82 ตารางกิโลเมตร) อยู่ภายในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

2. การเก็บข้อมูล

1) กำหนดจุดสำรวจแบบเป็นระบบ (Systematic system) จากแผนที่ทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ศึกษา จำนวน 15 จุดสำรวจ (Temporary survey point) แต่ละจุดมีระยะห่างกัน 200 เมตร ในแต่ละจุดสำรวจ ทำการวางแปลงตัวอย่างชั่วคราว (Temporary sample plots) ขนาด 30 เมตร x 30 เมตร (เพื่อให้เท่ากับค่าความละเอียดของแผนที่ช่วงชั้นความสูง (Digital elevation model) จำนวน 3 แปลงต่อจุดสำรวจ (Figure 1)

2) การเก็บข้อมูลชนิดไม้ (Tree species collection) ในแปลงตัวอย่างขนาด 30 เมตร x 30 เมตร ด้วยการวางแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร จำนวน 9 แปลงย่อย (Figure 1) โดยทำการ

ระบุชนิดไม้ทุกชนิด อ้างตาม Smitinand (2014) วัดขนาดความโตของไม้ต้น (Tree) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูงเพียงอกมากกว่า 1 เซนติเมตร (Diameter at breast height, DBH >1 cm)

3) เก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อม (Environmental factors collection)

3.1) ปัจจัยด้านภูมิประเทศ ได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (Elevation) ทิศด้านลาด (Aspect) และความลาดชัน (Slope) ได้จากแผนที่แบบจำลองความสูงภูมิประเทศ (Digital elevation model) ของสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่มีความละเอียด 30 เมตร x 30 เมตร และความใกล้ไกลแหล่งน้ำ (Distance from natural water) นำข้อมูลจากแผนที่เส้นลำนํ้าของประเทศไทยในรูปแบบ shapefile

3.2) ปัจจัยด้านสมบัติของดิน ทำการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงสำรวจ โดยใช้วิธีเก็บดินแบบการรบกวนโครงสร้างดิน (ความลึก 0-15 ซม.) โดยเก็บทั้งหมด 5 จุด จุดละ 100 กรัม รวมเป็น 500 กรัม ต่อ 1 ตัวอย่างดิน/แปลงสำรวจ เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง (Soil acidity, pH) อินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter, OM) ไนโตรเจนในดิน (Percent of Nitrogen, -N) ฟอสฟอรัสในดิน (Available phosphorus, -P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium, K) และสัดส่วนอนุภาคเนื้อดิน (Soil texture; sand, silt and clay fraction) วิเคราะห์สมบัติดิน ในห้องปฏิบัติการปฐพีวิทยา คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

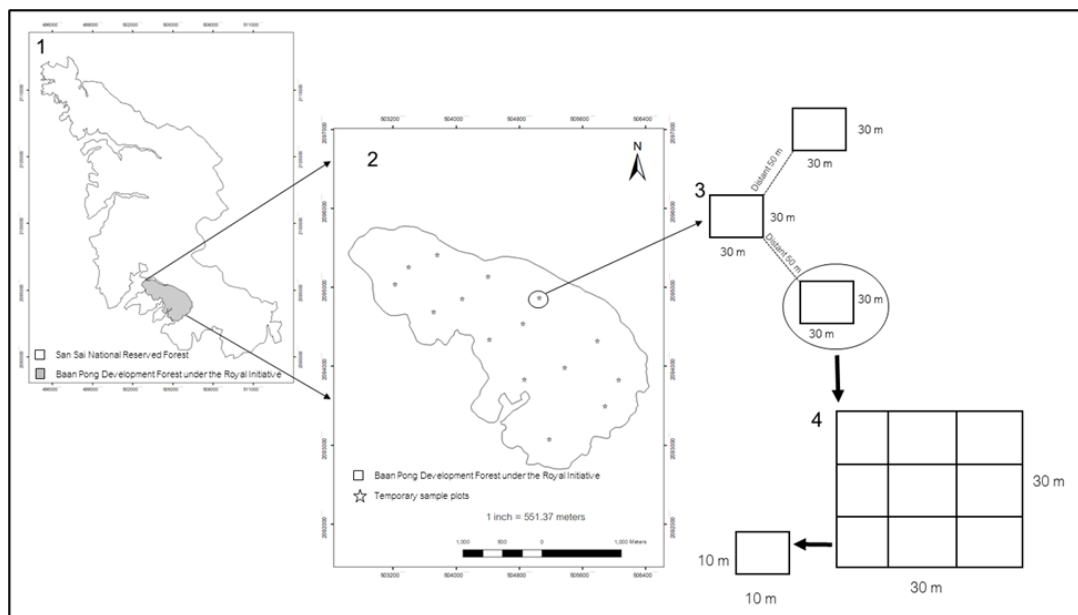


Figure 1 Study area and plot layout were shown; 1) San Sai National Reserved Forest, 2) Baan Pong Development Forest under the Royal Initiative and 15 survey points, 3) three temporary sample plots per each sampling point and 4) each sample plot divided into nine subplots of 10 m x 10 m.

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) คำนวณค่าความสำคัญทางนิเวศวิทยาของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) (Kent, 2012) คำนวณจากผลรวมของค่าความสัมพันธ์ต่าง ๆ ของชนิดไม้ในชั้นในสังคม ได้แก่ ผลรวมของค่าความหนาแน่นสัมพันธ์ (relative density, RD) ค่าความถี่สัมพันธ์ (Relative frequency, RF) และค่าความเด่นสัมพันธ์ (Relative dominance, RDo) ตามสูตรดังนี้

$$IVI = RD + RDo + RF$$

2) วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดตามสูตรของ Shannon–Wiener Index (Shannon and Weaver, 1949) ตามสูตรดังนี้

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

3) การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (stand clustering) จำแนกด้วยการวิเคราะห์การจัดกลุ่ม (Cluster analysis) ด้วยวิธีการ Euclidean (Pythagorean) Distance measure และ Ward's Linkage Method โดยระยะทางของ Euclidean เป็นตัววัดความคล้ายคลึงระหว่างกลุ่ม และทำการการสร้าง Dendrogram โดยวิธี Ward's Method (Kent, 2012)

4) การประเมินค่าในช่อง (Interpolation) ของปัจจัยแวดล้อมด้านภูมิประเทศ และสมบัติดิน ด้วยวิธีการ Kriging (Jirakajohnkool, 2009) โดยการวิเคราะห์ในโปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Arc. GIS) version 10.5

5) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variances, ANOVA) ของปัจจัยแวดล้อมในแต่ละ

หมู่ไม้ โดยการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธีการ Tukey's Honesty Significant Difference (HSD) ด้วยโปรแกรม R

6) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปรากฏชนิดไม้ต่าง ๆ โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) ของชนิดไม้ทุกชนิด กับปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธีการแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM) เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านสภาพภูมิประเทศ คุณสมบัติดินกับการปรากฏของชนิดไม้ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติ 95% โดยให้ตัวแปรอิสระ เป็นปัจจัยสภาพภูมิประเทศ และคุณสมบัติดินในแต่ละแปลงตัวอย่าง (12 ปัจจัย) ตัวแปรตาม เป็นค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ในแต่ละจุดสำรวจ สำหรับหลักเกณฑ์การคัดเลือกสมการที่สามารถอธิบายแบบจำลองได้อย่างเหมาะสมพิจารณาจากสมการที่มีค่า AIC (Akaike's information criterion) น้อยที่สุด (Ripley *et al.*, 2017) เพื่อวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม R ดังสมการต่อไปนี้

$$Y = \text{<-glm (IVI species } n \sim x1 + x2 + \dots x11, \text{family} \\ = \text{gaussian (link=identity))}$$

โดยที่ x1 = ร้อยละความลาดชัน (slope), x2 = ความสูงจากระดับน้ำทะเล (elevation), x3 = องศาทิศด้านลาด (aspect), x4 = ความใกล้ไกลแหล่งน้ำ (Distance from natural water), x5 = ความเป็นกรด-ด่างของดิน (soil pH), x6 = เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน (OM), x7 = สัดส่วนอนุภาคทราย (%Sand), x8 = สัดส่วนอนุภาคดินเหนียว (%Clay), x9 = สัดส่วนอนุภาคทรายแป้ง (%silt), x10 = ไนโตรเจนในดิน (N),

x11 = โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K) และ x12 = ฟอสฟอรัสในดิน (P)

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบชนิดไม้ (Species composition)

พบชนิดไม้ต้น ในพื้นที่ทั้งหมด 51 ชนิด 37 สกุล 27 วงศ์ จำนวน 1,690 ต้น (ความหนาแน่น 420 ต้นต่อเฮกเตอร์) มีค่าความหลากหลายของชนิดไม้เท่ากับ 2.13 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง พื้นที่หน้าตัดรวมของลำต้น เท่ากับ 47.73 ตารางเมตร (หรือคิดเป็น 11.79 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์) โดยไม้ต้นในวงศ์ที่มีความเด่นจากพื้นที่หน้าตัดรวมสูงสุด 5 วงศ์ ได้แก่ วงศ์ไมยราง (Dipterocarpaceae) วงศ์มะม่วง (Anacardiaceae) วงศ์ก่อ (Fagaceae) วงศ์ห้ว (Myrtaceae) และวงศ์ประดู่ (Fabaceae) มีพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 8.13, 0.85, 0.83, 0.45 และ 0.31 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ 10 ชนิดแรก ได้แก่ เหียง เต็ง รัง พลวง รักใหญ่ ก่อแพะ เหมือดโหลด ก้าว แข็ง กวางดง และมะม่วงหาวแมงวัน โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 61.49, 36.25, 26.48, 21.92, 19.68, 12.80, 12.39, 7.95, 7.26 และ 6.63 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1)

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าพื้นที่ทั้งหมดของโครงการพัฒนาก่อนป่าโป่งฯ เป็นพื้นที่ป่าเต็งรังทั้งหมดเนื่องจากพบชนิดไม้วงศ์ยางผลัดใบเป็นไม้เด่นทั้ง 4 ชนิดแรก แต่อาจแตกต่างกันในสังคมย่อยเนื่องจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมด้านต่าง ๆ ตลอดจนการ

จัดการด้านการกันพื้นที่เพื่อเป็นแนวกันไฟต่างกัน ซึ่งนำไปสู่ผลการศึกษาการจัดกลุ่มหมู่ไม้

2. การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Tree stand clustering)

ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis) ที่ระดับความคล้ายคลึง 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถจัดจำแนกหมู่ไม้ออกเป็น 5 กลุ่ม (Figure 2 and 3) ตามชนิดไม้เด่น (Dominance species) และเมื่อพิจารณาความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อมระหว่างกลุ่มหมู่ไม้ทั้ง 5 กลุ่มได้แก่ ความสูงจากระดับน้ำทะเล ที่มีความสูงระหว่าง 314-443 เมตร ความลาดชัน (Slope) ที่มีความลาดชันระหว่าง 7-65 เปอร์เซ็นต์ ทิศด้านลาด ที่อยู่ระหว่างทิศตะวันตกเฉียงเหนือถึงทิศตะวันตกเฉียงใต้ เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ถึงดินร่วนทราย (Loamy sand) ที่มีสัดส่วนอนุภาคทราย ก่อนข้างสูงระหว่าง 54-77 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สัดส่วนอนุภาคทรายแป้ง ระหว่าง 12-24 เปอร์เซ็นต์ และ สัดส่วนอนุภาคดินเหนียว ระหว่าง 12-18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในด้านความเป็นกรด-ด่างในดิน มีค่าระหว่าง 4.7-5.4 ซึ่งมีความเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าระหว่าง 0.95 (ต่ำ) – 4.16 (ค่อนข้างสูง) (Osotsapha, 2015) เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน มีค่าตั้งแต่ค่าไนโตรเจนระดับต่ำมาก (0.04%) ถึงค่าไนโตรเจนระดับปานกลาง (0.2%) ซึ่งสอดคล้องกับค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Horneck *et al.*, 2011)

ฟอสฟอรัสในดิน มีค่าระหว่าง 5-33 ppm ค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง (Horneck *et al.*, 2011) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่อนข้างกว้างระหว่าง 11-214.9 ppm ซึ่งค่าปริมาณนี้กล่าวได้ว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ค่อนข้างต่ำจนถึงปานกลาง (Horneck *et al.*, 2011) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าต่าง ๆ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติในแต่ละสังคมย่อย แต่พบปัจจัยด้านความไกลจากแหล่งน้ำหรือลำห้วยธรรมชาติ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ ระหว่างกลุ่มหมู่ไม้ (Appendix Table 1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) กลุ่มที่ 1 หมู่ไม้พลวง ประกอบด้วย 6 แปลงตัวอย่าง ในจุดสำรวจที่ 1 และ 2 โดยพบไม้ต้น จำนวน 14 ชนิด มีชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญคือ พลวง รัง รักใหญ่ เต็ง และเหียง ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งหมด 1,289 ต้นต่อเฮกเตอร์ และพื้นที่หน้าตัด 16.94 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ มีค่าความหลากหลายชนิดค่อนข้างต่ำเท่ากับ 1.77 เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมด้านสภาพภูมิประเทศที่ปรากฏสังคมพลวง พบว่าอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 372 เมตร ความลาดชัน 29.5 เปอร์เซ็นต์ และทิศด้านลาดในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และสมบัติของดินโดยส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินร่วนปนทราย (Sandy loam) ซึ่งมีสัดส่วนอนุภาคทราย 62.4 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น (Appendix Table 1)

Table 1 Important value index of top ten species in DDF at San Sai Forest Reserve, San Sai District, Chiang Mai Province.

Species	Basal area (m ² ha ⁻¹)	Density (stem ha ⁻¹)	RD (%)	RDo (%)	RF (%)	IVI (%)
<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	4.33	84	19.10	36.74	5.65	61.49
<i>Shorea obtusa</i>	1.95	65	14.05	16.55	5.65	36.25
<i>Shorea siamensis</i>	0.92	45	13.01	7.82	5.65	26.48
<i>Dipterocarpus tuberculatus</i>	0.92	43	9.24	7.85	4.84	21.92
<i>Gluta usitata</i>	0.70	27	8.07	5.96	5.65	19.68
<i>Quercus kerrii</i>	0.66	22	3.53	5.64	3.63	12.80
<i>Aporosa villosa</i>	0.24	17	5.87	2.09	4.44	12.39
<i>Tristaniopsis burmanica</i> var. <i>rufescens</i>	0.39	7	1.75	3.38	2.82	7.95
<i>Wendlandia paniculata</i>	0.12	15	2.65	0.98	3.63	7.26
<i>Buchanania lanzan</i>	0.12	7	2.02	0.98	3.63	6.63
Other species (41 species)	1.42	98	20.72	12.00	54.44	87.16
Summation	11.78	420	100	100	100	300

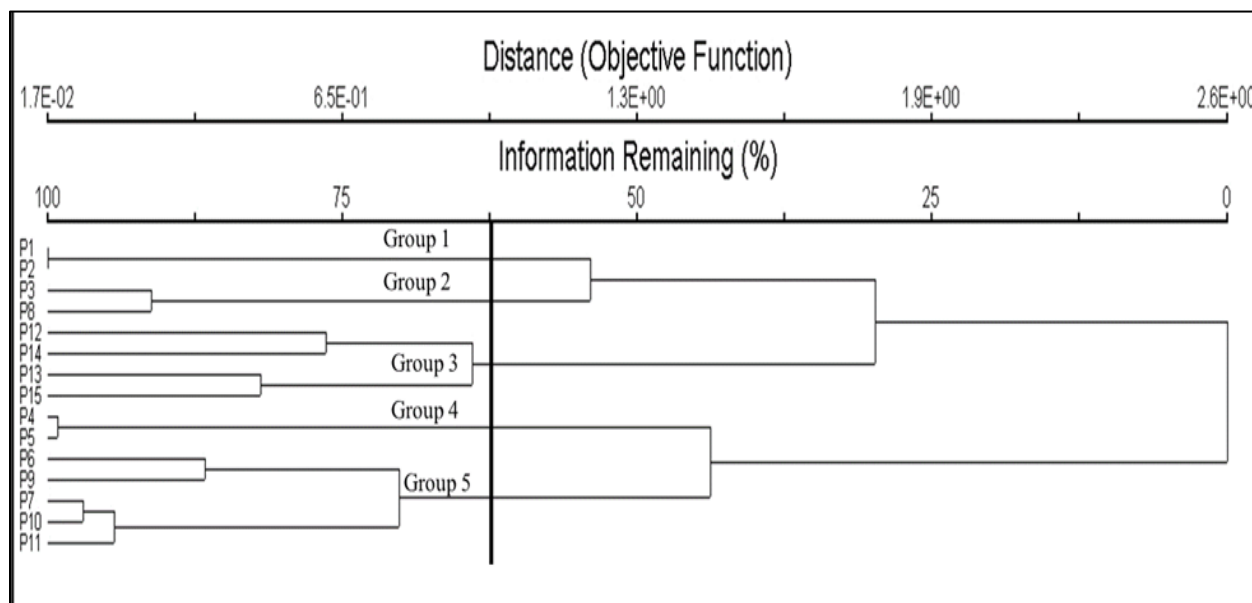


Figure 2 Stand clustering of deciduous dipterocarp forest (DDF) based on IVI data at Baan Pong Development Forest under the Royal Initiative

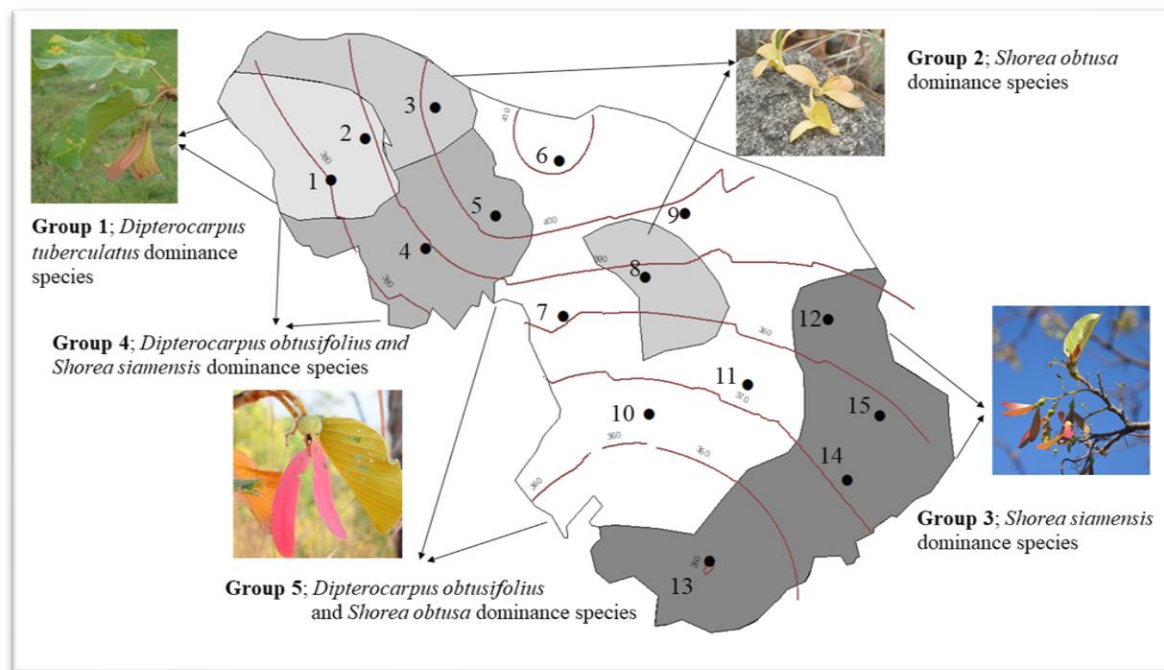


Figure 3 Topographic map showing five-distribution stands of dominance species in study area

2) กลุ่มที่ 2 หมู่มไม้เต็ง ประกอบด้วย 6 แปลง ตัวอย่าง ในจุดสำรวจที่ 3 และ 8 โดยพบชนิดไม้ จำนวน 22 ชนิด มีชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนี ความสำคัญคือ เต็ง เหียง รัง พลวง และประดู่ป่า ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งหมด 935 ต้นต่อเฮกแตร์ และพื้นที่หน้าตัด 11.62 ตาราง เมตรเฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าความหลากหลายชนิดระดับ ปานกลางเท่ากับ 2.88 เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อม ด้านสภาพภูมิประเทศที่ปรากฏสังคมเต็ง พบว่าอยู่ที่ ระดับความสูงจากน้ำทะเล 396.5 เมตร ความลาดชัน 35.5 เปอร์เซ็นต์ และทิศด้านลาดอยู่ในทิศ ตะวันตกเฉียงใต้ และคุณสมบัติของดินโดยส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินทรายร่วน (Loamy sand) ถึงดินร่วน

ทราย (Sandy loam) มีสัดส่วนอนุภาคทรายมากกว่า 58.6 เปอร์เซ็นต์ (Appendix Table 1)

3) กลุ่มที่ 3 หมู่มไม้รัง ประกอบด้วย 12 แปลงตัวอย่าง ในจุดสำรวจที่ 12, 13, 14 และ 15 โดยพบชนิดไม้ จำนวน 39 ชนิด มีชนิดไม้เด่นจาก ค่าดัชนีความสำคัญ เช่น รัง เต็ง ก่อพะยะ แข็งกวาง ดง และยางเหียง ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่น ของต้นไม้ทั้งหมด 1,596 ต้นต่อเฮกแตร์ และ พื้นที่หน้าตัด 22.27 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าความหลากหลายชนิดระดับปานกลาง เท่ากับ 2.88 เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมด้านสภาพ ภูมิประเทศที่ปรากฏสังคมเต็ง พบว่าอยู่ที่ระดับ ความสูงจากน้ำทะเล 380 เมตร ความลาดชัน 44 เปอร์เซ็นต์ และทิศด้านลาดทางทิศตะวันตกเฉียงใต้

และสมบัติของดินโดยส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) ถึงดินร่วนทราย (Sandy loam) มีสัดส่วนอนุภาคทรายมากกว่า 62 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ไม้รังเด่นนี้เป็นพื้นที่ค่อนข้างไกลจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยมีค่าเฉลี่ยระยะความไกลแหล่งน้ำที่ 154 เมตร (Appendix Table 1) ซึ่งส่วนใหญ่มีสภาพพื้นที่เป็นสันเขาค่อนข้างลาดชัน

4) กลุ่มที่ 4 หนูไม้เหียง-รัง รวมเป็นไม้เด่นประกอบด้วย 6 แปลงตัวอย่าง ในจุดสำรวจที่ 4 และ 5 พบชนิดไม้จำนวน 13 ชนิด มีชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ เช่น เหียง รัง เหม็อดโลด รักใหญ่ และขี้มอด ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งหมด 1,289 ต้นต่อเฮกแตร์ และพื้นที่หน้าตัด 18.27 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าความหลากหลายค่อนข้างต่ำเท่ากับ 1.27 เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมด้านสภาพภูมิประเทศที่ปรากฏสังคมยางเหียง พบว่าอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 412 เมตร ความลาดชัน 11.5 เปอร์เซ็นต์ และทิศด้านลาดอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และคุณสมบัติของดินโดยส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินทรายร่วน (loamy sand) ซึ่งมีสัดส่วนอนุภาคทรายมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (Appendix Table 1)

5) กลุ่มที่ 5 หนูไม้เหียง-เต็ง รวมเป็นไม้เด่นประกอบด้วย 15 แปลงตัวอย่าง ในจุดสำรวจที่ 6, 7, 9, 10 และ 11 โดยพบชนิดไม้จำนวน 35 ชนิด มีชนิดไม้เด่นจากค่าดัชนีความสำคัญ เช่น เหียง เต็ง รัง ก้าว เหม็อดโลด และรักใหญ่ ตามลำดับ โดยมีความหนาแน่นของต้นไม้ทั้งหมด 982 ต้นต่อเฮกแตร์ และพื้นที่หน้าตัด 26.05 ตารางเมตรต่อเฮก

แตร์ ตามลำดับ มีค่าความหลากหลายชนิดระดับปานกลางเท่ากับ 2.65 เมื่อพิจารณาปัจจัยแวดล้อมด้านสภาพภูมิประเทศที่ปรากฏสังคมเหียง พบว่าอยู่ที่ระดับความสูงจากน้ำทะเล 373 เมตร ความลาดชัน 31.8 เปอร์เซ็นต์ และทิศด้านลาดอยู่ในทิศตะวันตกเฉียงใต้ และสมบัติของดินโดยส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินร่วนทราย (Sandy loam) ซึ่งมีสัดส่วนอนุภาคทรายระหว่าง 60-65 เปอร์เซ็นต์ (Appendix Table 1)

การเกิดสังคมย่อยในป่าเต็งรัง อาจเกิดได้จากหลายปัจจัยทั้งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสืบต่อพันธุ์ การกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ และปัจจัยสภาพแวดล้อมที่สามารถศึกษาเข้าถึงได้เร็ว เช่น สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ และสมบัติดิน อย่างไรก็ตามจากการรายงานของ Ogawa *et al.* (1965) และ Nguyen and Baker (2016) การปรากฏสังคมย่อยป่าเต็งรังในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์มักพบการปรากฏอยู่ร่วมกันของชนิดไม้เด่นเป็น 3 แอสโซซิเอชัน (Association) กล่าวคือ 1) *Shorea association* เป็นสังคมกลุ่มเต็ง-รัง มักพบในพื้นที่ค่อนข้างแห้งแล้ง ดินตื้น หินโผล่มาก และสมบัติของดินด้านสารอาหารต่าง ๆ ค่อนข้างต่ำ 2) *Dipterocarpus tuberculatus* – *D. obtusifoliosus association* สังคมพลวง – เหียง เป็นสังคมที่ดินมีความชื้นสูงกว่าพื้นที่แรก ดินอนุภาคทรายสูง และค่อนข้างลึก และ 3) สังคมที่มีชนิดไม้เด่นปรากฏร่วมกันทุกชนิด (Mixed dominance association) ซึ่งพบได้ยาก ส่วนใหญ่มักพบในพื้นที่ราบ เนินเขา และดินที่อุดมสมบูรณ์ ผลการศึกษาสอดคล้องกับทฤษฎีของนักวิจัยต่าง ๆ ข้างต้นเมื่อพบเนื้อดินทราย

ร่วนหรือร่วนทรายที่มีสัดส่วนอนุภาคทรายมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ จะปรากฏสังคมยางเหียงเด่น และเมื่อพื้นที่ไกลจากแหล่งน้ำ ดินชั้นความลาดชันค่อนข้างสูงจะพบสังคมรังเป็นหลัก สลับกับสังคมเต็ง สอดคล้องกับการศึกษากรณีสังคมย่อยป่าเต็งรัง พื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติขุนแม่งวง อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่พบว่า สามารถจำแนกได้เป็นสังคมย่อยแยกกันชัดเจนระหว่างสังคมไม้เต็ง และสังคมไม้เหียง ที่มีกลุ่มชนิดไม้อ่อนกุล (Associated species) ที่ต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพ และคุณสมบัติด้านสารอาหารของดินต่างกันด้วย (Kachina *et al.*, 2019) อย่างไรก็ตามผล การศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในด้านการจัดการ ป่าเต็งรังให้ถูกวิธีตามหลักวิชาการ ซึ่งในปัจจุบัน ถือว่าเป็นสังคมพืชที่มีการใช้ประโยชน์ จัดการ และการฟื้นฟูมากสังคมพืชหนึ่งในพื้นที่ภาคเหนือใน ประเทศไทย การฟื้นฟูป่าโดยการนำชนิดไม้ดั้งเดิม ในสังคมย่อยที่สามารถอยู่ร่วมกับปัจจัยแวดล้อม ดังที่ศึกษาข้างต้นอาจเป็นการเร่งผลสำเร็จหรือย่น ระยะเวลาการฟื้นฟู และจัดการพื้นที่ป่าเต็งรังได้ดี ในอนาคต

3. ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายของชนิด พรรณไม้ในป่าเต็งรัง

ผลการวิเคราะห์การกลุ่มหมู่ไม้นำไปสู่การ วิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณ ด้วยวิธีการ แบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป (GLM) ตามปัจจัย สิ่งแวดล้อมซึ่งนำมาสู่การระบุปัจจัยแวดล้อมที่ เหมาะสมทั้ง 9 ปัจจัยที่ได้จากการทดสอบ ความสัมพันธ์กับการกระจายของชนิดไม้ทั้ง 51

ชนิดที่พบในป่าเต็งรัง พบว่ามี 12 ชนิด ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมทั้ง 9 ปัจจัยจาก 12 ปัจจัย โดยยึดปัจจัยด้านสัดส่วนอนุภาคดินเหนียว เป็นปัจจัยหลักในการแบ่งความสัมพันธ์ เนื่องจากมี จำนวนชนิดไม่มีความสัมพันธ์มากที่สุด และ แสดงออกได้ชัดเจนในการแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ เชิง บวก (Positive relationship) และ เชิง ลบ (Negative relationship) (Appendix Table 2) และอีก 39 ชนิด ไม่พบความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม โดย สามารถอธิบายตามกลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการ กระจายได้ดังนี้

1) กลุ่มการกระจายของชนิดไม้ที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสัดส่วนอนุภาคดินเหนียว (% clay) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ มะม่วงหาวแมงวัน (*Buchanania lanzan*) แข็งกวางดง (*Wendlandia paniculata*) และคำรอก (*Ellipanthus tomentosus*) ตามลำดับ ขณะที่ คำรอก ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กับความลาดชัน ทิศด้านลาด ความใกล้ไกลลำน้ำ และสัดส่วนอนุภาคทราย ตามลำดับ

2) กลุ่มการกระจายของชนิดไม้ที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับสัดส่วนอนุภาคดินเหนียว (% clay) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบ 4 ชนิด ได้แก่ รัง (*Shorea siamensis*) ก่อ น ก (*Lithocarpus polystachyus*) เก็ดแดง (*Dalbergia assamica*) และ กาสามปีก (*Vitex peduncularis*) ตามลำดับ โดยรังมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ ความใกล้ไกลลำน้ำ และความเป็นกรด-ด่างของดิน สำหรับเก็ดแดงมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติกับความลาดชัน และทิศด้านลาด รวมถึงมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอีกนัยหนึ่ง

3) กลุ่มการกระจายของชนิดไม้ที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความใกล้เคียงลำน้ำ ได้แก่ เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) มะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) และเต็ง (*Shorea obtusa*) โดยเหมือดโลดยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความเป็นกรด-ด่างของดิน และเต็งมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความเป็นกรด-ด่างของดิน ในส่วนที่ชิงชัน (*Dalbergia oliveri*) มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และกุ่มหรืออ้อยช้าง (*Lansea coromandelica*) มีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับสัดส่วนอนุภาคทราย

จากผลการศึกษาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ป่าเต็งรังที่ถือได้ว่าเป็นสังคมพืชที่มีความหลากหลายต่ำ ตลอดจนพื้นที่ศึกษาที่มีความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อมไม่มากนัก ชนิดไม้ยังมีความแตกต่างกันในด้านความต้องการทางระบบนิเวศ (Ecological niche) หรือปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมต่างกันไป (Bunyavejchewin *et al.*, 2011; Marod *et al.*, 2019) เช่น ในกรณีเนื้อดิน พื้นที่ศึกษามีปริมาณสัดส่วนของเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทราย (Sand texture) ซึ่งเป็นลักษณะดินปกติของพื้นที่ป่าเต็งรังทั่วไป (Sahunalu, 2009; Bunyavejchewin *et al.*, 2011) แต่มีอนุภาคดินเหนียว (Clay texture) ร่วมปะปนอยู่ ซึ่งชนิดไม้แข่งกวางดง เป็นชนิดที่

สามารถกระจายได้ถึงพื้นที่ชายป่าดิบเขาที่ระดับความสูงถึง 1,000 เมตร พื้นที่ป่าดิบเขาทั่วไปมีเนื้อดินในสัดส่วนอนุภาคเหนียวมากกว่าเนื้อดินอื่น ๆ (Teejuntuk *et al.*, 2002; Marod *et al.*, 2014) ในส่วนชนิดมะม่วงหาวแมงวัน และคำรอกนั้น สามารถกระจายตามธรรมชาติได้ตั้งแต่ชายป่าดิบแล้งที่ราบจนถึงป่าเต็งรังที่มีความชื้นไม่แห้งแล้งมากนัก (Forest herbarium, 2010) ซึ่งส่วนใหญ่อาจเป็นที่รองรับดินตะกอนที่มีอนุภาคเหนียว และร่วมกับลักษณะของผล และเมล็ดของสองชนิดข้างต้นที่มีลักษณะเป็นทรงรี-กลม จึงมีความสัมพันธ์ทางด้านตรงข้ามกับความลาดชันอีกนัยหนึ่ง ซึ่งตรงกันข้ามกับชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรังคือ รัง ที่พบในพื้นที่แห้งแล้ง ดินมีสัดส่วนอนุภาคทรายสูง มีหินโผล่มาก (Sahunalu, 2009; Nguyen and Baker, 2016) จนถึงพื้นที่เกาะที่มีแต่หิน พบความสัมพันธ์เชิงลบกับสัดส่วนอนุภาคดินเหนียว และอนุมานได้ว่ารังไม่ชอบพื้นที่ค่อนข้างชื้นเพราะมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความใกล้เคียงแหล่งน้ำ ในส่วนของชนิดเก็ดแดง กาสามปึก และก่อนั้น เป็นไม้เรือนยอดรองของป่าเต็งรังอยู่แล้ว (Marod and Kutintara, 2009) จึงมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมเช่นเดียวกับรัง และยังปรากฏในพื้นที่ที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ และความลาดชันที่สูงอีกนัยหนึ่ง ในส่วนของกลุ่มที่ 3 ที่ประกอบด้วยชนิดเต็ง เหมือดโลด และมะขามป้อมที่มีความสัมพันธ์เชิงลบกับความใกล้เคียงแหล่งน้ำธรรมชาติ นั้น ซึ่งเป็นวิสัยปกติของชนิดไม้ป่าเต็งรังที่กระจายในพื้นที่แห้งแล้งเป็นหลัก ไม่กระจายในพื้นที่ชื้น สอดคล้องกับชนิดชิงชัน ที่พบในพื้นที่

ที่มีอินทรีย์วัตถุที่ต่ำ อาจส่งผลถึงความชื้นในพื้นที่
ก่อนข้างน้อยอีกนัยหนึ่ง อย่างไรก็ตามการกระจาย
ของกุ่มหรืออ้อยช้าง ที่เป็นชนิดเดียวในทั้งหมดที่มี
ความสัมพันธ์เชิงลบกับสัดส่วนอนุภาคทราย อาจ
เนื่องมาจากการกระจายของไม้ชนิดนี้มีขอบเขตการ
กระจายที่กว้างตั้งแต่พื้นที่ป่าผสมผลัดใบก่อนข้าง
ขึ้นไปจนถึงป่าเต็งรัง (Forest herbarium, 2010)

สรุป

พื้นที่ป่าเต็งรังในโครงการพัฒนากันโป่งฯ
พบชนิดไม้ 51 ชนิด 37 สกุล 27 วงศ์ เนื้อดินมี
สัดส่วนอนุภาคทรายเป็นหลักมากกว่า 50
เปอร์เซ็นต์ มีความเป็นกรดปานกลางถึงด่าง
4.7-5.2 และมีปริมาณสารอาหารในดินก่อนข้างต่ำ
การจัดกลุ่มหมู่ไม้ที่ระดับความคล้ายคลึงที่ 60
เปอร์เซ็นต์ สามารถจำแนกหมู่ไม้ออกเป็น 5 หมู่ไม้
กล่าวคือ หมู่ไม้พลวง หมู่ไม้เต็ง หมู่ไม้รัง หมู่ไม้
เหียง-เต็ง และหมู่ไม้เหียง-รัง ในด้านปัจจัยแวดล้อม
พบว่าสังคมร้งนั้นพบชนิดไม้มากที่สุดที่ 39 ชนิด
และปัจจัยแวดล้อมด้านความไกลจากแหล่งน้ำ
ธรรมชาติเฉลี่ยมากที่สุดกว่าสังคมอื่นอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยอื่น ๆ ไม่มีความ
แตกต่างกันทางสถิติ และจากผลการวิเคราะห์ปัจจัย
ที่มีอิทธิพลต่อการกระจายของชนิดไม้พบว่ามี 12
จาก 51 ชนิดมีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง
9 ปัจจัย กล่าวคือ ปัจจัยด้านสัดส่วนอนุภาคดิน
เหนียวสามารถแบ่งชนิดพรรณไม้ที่สัมพันธ์ไป
ในทางผแปรผันตาม และแปรผกผันกับสัดส่วน
อนุภาคดินเหนียว และชนิดไม้ที่มีความสัมพันธ์กับ
ปัจจัยอื่น ๆ เช่นความใกล้เคียงกับแหล่งน้ำธรรมชาติ

ผลการศึกษาข้างต้นสามารถประยุกต์ใช้ในการ
จัดการพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะป่าเต็งรังที่มีพื้นที่มาก
ในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย ตลอดจนการ
ฟื้นฟู การคัดเลือกชนิดไม้มาปลูกเสริมหรือฟื้นฟู
พื้นที่ตามปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมให้ประสบ
ความสำเร็จต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- Bunyavejchewin, S., P. J. Baker and S. J. Davies. 2011.
Seasonally dry tropical forests in continental
Southeast Asia: structure, composition and
dynamics. Pp. 9- 35. *In The ecology and
conservation of seasonally dry forests in
Asia.* June, 2011. Smithsonian Institution
Scholarly Press.
- Forest herbarium. 2010. **Phachi deciduous
dipterocarp forest.** The Agricultural
Cooperative Federation of Thailand Publ. ,
Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Horneck, D.A., D.M. Sullivan, J.S. Owen and J.M.
Hart. 2011. **Soil Test Interpretation Guide.**
Oregon State University Extension, USA.
- Jirakajohnkool, S. 2009. **Arc. GIS 10.1 for Desktop.**
Thammasat University, Bangkok. (in Thai)
- Kachina, P., S. Kamyong and T. Thichan. 2019.
Biomass Amounts and species composition in
Dry Dipterocarp Forest, Khun Mea Kuang
National Reserved Forest, Chiang Mai
Province. **Thai Forest Ecological Research
Journal** 3(2): 9-16. (in Thai)

- Kent, M. 2012. **Vegetation Description and Data Analysis**. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell.
- Khaing, T. T., B.O. Pasion, R.S. Lapuz and K. W. Tomlinson. 2019. Determinants of composition, diversity and structure in a seasonally dry forest in Myanmar. **Global Ecology and Conservation** 19; e00669.
- Marod, D. and Kutintara, U. 2009. **Forest ecology**. Faculty of Forestry, Kasetsart University. Aksorn Siam Publ., Bangkok. (in Thai)
- Marod, D. , S. Hermhuk, S. Sungkaew, S. Thinkampheang, T. Kamyao and W. Nuipakdee. 2019. Species Composition and Spatial Distribution of Dominant Trees in the Forest Ecotone of a Mountain Ecosystem, Northern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 17 (3); 40-49.
- Marod, D., S. Sangkaew, A. Panmongkal, A. Jingjai. 2014. Influences of environmental factors on tree distribution of lower montane evergreen forest at Doi Sutep-Pui National park, Chiang Mai Province. **Thai Journal of Forestry** 33 (3): 23-33.
- Nguyen, T.T. and P.J. Baker. 2016. Structure and composition of deciduous dipterocarp forest in Central Vietnam: patterns of species dominance and regeneration failure. **Plant Ecology & Diversity**, DOI: 10.1080/17550874.2016.1210261.
- Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. Plant biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4; 49-80.
- Osotsapha, Y. 2015. **Plant Nutrients (4th ed)**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Ripley, B., B. Venables, D.M. Bates, K. Hornik, A. Gebhardt, D. Firth and M.B. Ripley. 2017. **Package ‘mass’ in R**. Cran R.
- Santisuk, T. 2003. **An account of the vegetation of northern Thailand**. Royal Forest Department, Bangkok., Thailand.
- Sahunalu, P. 2009. Spatial distribution and size structure patterns of tree species in the long-term dynamic plots of Sakaerat deciduous dipterocarp forest, northeastern Thailand. **Journal of Forest Management** 3(6): 16-25.
- Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. Univ.Illinois Press, Urbana.
- Smitinand, T. 2014. **Vegetation and Ground Covers of Thailand**. The Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Teejuntuk, S. , P. Sahunalu, K. Sakurai and W. Sungpalee. 2002. Forest structure and tree species diversity along and altitudinal gradient in Doi Inthanon National Park, Northern Thailand. **Tropics** 12(2), 85-102.

Appendix Table 1 Analysis of variance of environmental characteristics between five trees stand groups

Stand	Elevation (m asl)	Slope (%)	Aspect (degrees)	Steam (m)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	N (%)	Avai-P (ppm)	Ex-K (ppm)	Organic matter (%)	Soil pH
1	372±14.1	29.50±14.8	230.4±5.7	130±14.1 ^a	62.4±0.9	22.1±0.9	16.7±0.5	0.13±0.03	26.9±8.6	132.9±35.5	2.6±0.6	5.1±0.01
2	396.5±20.5	35.5±20.5	212.9±42.1	113.5±24.7 ^a	58.6±6.3	22.4±1.6	17.1±1.7	0.10±0.02	12.9±11.2	46.3±44.9	1.9±0.3	5.1±0.1
3	380.8±25.2	44.0±14.2	182.6±43.2	154.2±35.8 ^a	62.2±5.8	22.0±1.8	14.4±2.0	0.11±0.02	21.9±1.6	92.3±11.3	2.2±0.1	5.2±0.1
4	412.5±43.1	11.5±0.7	212.7±19.5	9.5±3.5 ^c	70.1±10.2	17.1±5.9	15.7±0.2	0.08±0.04	12.7±10.8	75.7±12.4	1.6±0.9	4.7±0.5
5	373.8±47.5	31.8±21.3	210.3±11.5	85.5±7.8 ^b	64.9±2.6	20.7±1.1	14.9±1.7	0.13±0.04	19.9±1.6	114.7±59.3	2.5±0.9	5.2±0.2
t-test	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
cv (%)	10.29	53.74	33.09	22.96	8.09	10.99	77.62	31.45	26.96	44.23	31.48	4.61

Remark; Avai-P = available phosphorus (P) Ex-K = extractable form potassium (K)

ns = non-significant

*** = significantly difference at $p < 0.01$

Appendix Table 2 GLM analysis of the relationships between species distribution and environmental factors for DDF species in study area.

The values in the various columns are model regression coefficients. The coefficients with the lowest AIC were selected.

Species	Elevation	Slope	Aspect	Steam	Sand	Clay	Ex-K	OM	Soil pH
<i>Shorea siamensis</i>				-0.25*		-15.84*			-42.5*
<i>Lithocarpus polystachyus</i>						-6.82*			
<i>Dalbergia assamica</i>		0.26*	0.13*			-5.08**		-24.1**	
<i>Vitex peduncularis</i>						-6.76*			
<i>Buchanania lanzan</i>	0.10*					3.54*			
<i>Wendlandia paniculata</i>						6.76*			
<i>Ellipanthus tomentosus</i>		-0.005*	-0.0016*	-0.0015*	-0.012*	0.002*			
<i>Aporosa villosa</i>				-0.12*					11.3*
<i>Dalbergia oliveri</i>								-27.32*	
<i>Lannea coromandelica</i>					-2.09*				
<i>Phyllanthus emblica</i>				-3.08**					
<i>Shorea obtusa</i>				-0.22*				-17.25**	-32.2*

Remark; Ex-K = extractable form potassium (K), * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะสังคมพืชและปัจจัยดินของป่าเต็งรังแควะป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่

ปรัชญาภรณ์ ศรีคุณ^{1,2} รุ่งวิ ทวีสุข¹

พิทักษ์ไทย ประโมลี¹ เพชรรัตน์ จันทรแก้ว² และ แหลมไทย อาษานอก^{3*}

รับต้นฉบับ: 14 มีนาคม 2564

ฉบับแก้ไข: 22 เมษายน 2564

รับลงพิมพ์: 26 เมษายน 2564

บทคัดย่อ

การศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะสังคมพืชกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมสามารถช่วยยกระดับความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการระบบนิเวศป่าไม้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดไม้ต้นภายใต้การแปรผันของปัจจัยดิน ในป่าเต็งรังแควะป้องกันไฟในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ โดยการสุ่มวางแปลงตัวอย่างแบบเจาะจง ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 15 แปลง พร้อมกับเก็บข้อมูลองค์ประกอบชนิดพืชและปัจจัยดิน เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยดินที่มีผลต่อการปรากฏของพรรณไม้ ผลการศึกษา พบว่า มีชนิดไม้ต้นทั้งหมด 60 ชนิด 54 สกุล 28 วงศ์ จากไม้ทั้งหมด 1,457 ต้น สามารถแบ่งสังคมพืชในพื้นที่ศึกษาออกได้เป็น 3 สังคมย่อย ได้แก่ สังคมเต็ง สังคมรัง และสังคมชันทองพญาบาท โดยสังคมเต็ง พบพรรณไม้ทั้งหมด 34 ชนิด 32 สกุล 19 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 1.70 ชนิดไม้ที่มีความสำคัญ เช่น เต็ง (*Shorea obtusa*) เทียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) และ รัง (*Shorea siamensis*) สังคมรัง พบพรรณไม้ทั้งหมด 34 ชนิด 31 สกุล 18 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 2.59 พบชนิดไม้ที่มีความสำคัญ เช่น รัง ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) และ สะเดาปีก (*Vatica harmandiana*) เป็นต้น และสังคมชันทองพญาบาท พบพรรณไม้ทั้งหมด 49 ชนิด 43 สกุล 24 วงศ์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย เท่ากับ 3.13 พบชนิดไม้ที่มีความสำคัญ เช่น ชันทองพญาบาท (*Suregada multiflorum*) ตัวเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) และ เลี้ยวเครือ (*Phanera bracteata*) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าชนิดไม้เด่นในสังคมเต็งถูกกำหนดด้วยฟอสฟอรัส ชนิดไม้เด่นในสังคมรังถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียว โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน และปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนชนิดไม้เด่นในสังคมชันทองพญาบาทถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทรายและเป็นสังคมที่มีการสะสมธาตุอาหารน้อยที่สุด ผลการศึกษานี้ชี้ว่าการป้องกันไฟป่าในพื้นที่เป็นระยะเวลานาน สามารถทำให้องค์ประกอบของสังคมพืชป่าเต็งรังแควะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เนื่องจากการเพิ่มพูนของการสะสมธาตุอาหารในดิน ดังนั้นการป้องกันไฟช่วยส่งเสริมการสะสมธาตุอาหารในดินและมีส่วนเร่งให้เกิดการงอกของชนิดพืชไม่ผลัดใบในสังคมมากขึ้น

คำสำคัญ : ความหลากหลายไม้ต้น การป้องกันไฟป่า การเปลี่ยนแปลงสังคมพืช พื้นที่ป่าอนุรักษ์

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

²สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 (แพร่), กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, แพร่ 54000

³สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

* ผู้รับผิดชอบบทความ: Email: lamthainii@gmail.com

ORIGINAL ARTICLE

Vegetation community characteristics and edaphic factors in 40 years fire protection of dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi Forest Park, Phrae Province

Prudchayaporn Srikoorn^{1,2}, Rungrawee Taweesuk¹,
Pitakthai Pramosee¹, Petcharat Chankaew², Lamthai Asanok^{3*}

Received: 14 March 2021

Revised: 22 April 2021

Accepted: 24 April 2021

ABSTRACT

The study of plant community characteristics related to environmental factors may help emphasize of forest ecosystem management. This study is aimed to study the structure and species composition of trees based on edaphic factor gradient in the fire prevention dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi forest park, Phrae province. Fifteen plots with size 20 m x 20 m based on purposive sampling were set up. Species composition and soil nutrients were collected to analyze the relationship between plant community and soil factors. The result showed that, 60 species 54 genera and 28 family of all 1,457 trees. The cluster analysis showed 3 sub-community: *Shorea obtusa* community (SOC), *Shorea siamensis* community (SSC), and *Suregada multiflorum* community (SMC). The SOC showed that 34 species 32 genus from 19 family and species diversity index was 1.70, the important species such as *Shorea obtusa*, *Dipterocarpus obtusifolius*, and *Shorea siamensis*. The SSC showed that 34 species 31 genus from 18 family and species diversity index was 2.59, the important species such as *Shorea siamensis*, *Pterocarpus macrocarpus*, and *Vatica harmandiana*. The SMC showed 49 species 43 genus from 24 family and species diversity index was 3.13, the important species such as *Suregada multiflorum*, *Cratoxylum cochinchinense*, and *Phanera bracteate*. The dominant species of SOC positively determined by phosphorus. While, species composition of SSC community was determined by clay texture and soil nutrients such as potassium, magnesium, calcium, nitrogen, and organic matter. Simultaneously, the dominant species of SMC community were controlled by sand texture, and it had lowest nutrients deposition compare to others. The result suggested that after long-term of forest fire protection, causing the trees species composition changed from the dwarf deciduous dipterocarp forest based on increasing of soil nutrient accumulation. Thus, fire protection leads to high soil nutrient accumulative which induced high establishment of evergreen species into the community.

Keywords: species diversity, forest fire preventing, plant community changing, protected area

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

²Protected Area Administration office (Phrae), Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Phrae 54000

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

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

คำนำ

ป่าเต็งรังแกระ (dwarf deciduous dipterocarp forest) เป็นสังคมย่อยของป่าเต็งรังซึ่งเป็นสังคมพืชรูปแบบหนึ่งของป่าผลัดใบที่พบในประเทศไทย พบในสภาพแวดล้อมที่ค่อนข้างรุนแรงมาก ๆ เช่น ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และแล้งจัด เป็นต้น มักปรากฏบริเวณสันเขาที่แห้งแล้งจัด โดยปกติดพบมากในทางภาคเหนือ และตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย (Santisuk, 2012) ส่วนใหญ่สังคมพืชชนิดนี้ประกอบด้วย 2 ชั้นเรือนยอด ซึ่งแยกออกจากกันค่อนข้างยาก โดยเรือนยอดชั้นบนสูงไม่เกิน 15 เมตร ชนิดไม้เด่นมักมีลำต้นลักษณะคดงอ แคระแกร็น พรรณไม้ชนิดนี้คือ ไม้วงศ์ยางผลัดใบ (deciduous Dipterocarpaceae) ซึ่งมักพบตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปใน 5 ชนิดหลัก คือ เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Shorea siamensis*) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) กราด (*Dipterocarpus intricatus*) เป็นต้น (Marod and Kutintara, 2009) ปัจจัยจำกัดที่สำคัญของป่าเต็งรังแกระ ได้แก่ ช่วงฤดูกาลที่แห้งแล้งยาวนาน 3-4 เดือน ดินเลวที่ขาดธาตุอาหารอย่างรุนแรง มีหินปะปนเป็นจำนวนมาก และมีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำ เนื่องจากป่าเต็งรังแกระเป็นสังคมพืชถาวรที่มีไฟป่าเป็นตัวกำหนด (pyric limiting factor) กล่าวคือถ้าไม่มีไฟป่าสังคมพืชจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดพรรณพืชจนกลายเป็นสังคมพืชอื่นในที่สุด (Cooling, 1968; Stott, 1986) นอกจากนั้นป่าเต็งรังที่ถูกควบคุมไฟป่าเป็นระยะเวลานาน ทำให้มีเศษซากพืชปกคลุมพื้นดินเป็นจำนวนมากจนทำให้ประสิทธิภาพการเจริญทดแทนของไม้วงศ์ยาง

ลดลง เนื่องจากเมล็ดของชนิดไม้เหล่านี้มีปีกจึงทำให้ไม่สามารถร่วงหล่นลงสู่พื้นดินได้ และจะฝ่อและแห้งตายไปในที่สุดเนื่องการมีชีวิตของเมล็ดไม้วงศ์ยางมีระยะสั้นคือประมาณ 15 วัน หลังจากร่วงหล่นลงบนพื้นเท่านั้น (Marod *et al.*, 2002; Chong *et al.* 2016) นอกจากนั้นกล้าไม้และลูกไม้ของชนิดไม้เด่นในป่าชนิดนี้มักอ่อนแอเนื่องจากโรคและแมลงเนื่องจากการสะสมความชื้นในดินมากเกินไปโดยเฉพาะในฤดูฝน เนื่องจากชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรังมักมีการปรับตัวให้ทนทานต่อความแห้งแล้งจึงไม่ทนทานต่อสภาพที่ชื้นจัด (Marod *et al.*, 2004) อีกทั้งการป้องกันไฟในป่าเต็งรังเป็นเวลายาวนานมักทำให้ชนิดไม้พุ่มที่ไม่ผลัดใบตั้งตัวได้อย่างหนาแน่นยิ่งขึ้น (Pairuang *et al.*, 2020) ส่งผลให้เกิดการบดบังแสงแสงทำให้กล้าไม้ของชนิดไม้เด่นเสื่อมโทรมลงและตายไปในที่สุด เนื่องจากชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรังล้วนแต่เป็นชนิดที่ต้องการแสงมากทั้งสิ้น (Tripathi and Raghubanshi, 2014) และถ้าหากมีการป้องกันไฟในป่าเต็งรังเป็นเวลานานมากขึ้นเรื่อย ๆ จนส่งผลให้สภาพภูมิอากาศเฉพาะถิ่นเปลี่ยนไปจนทำให้ชนิดไม้ดั้งเดิมไม่สามารถตั้งตัวได้และเป็นการเปิดโอกาสให้ชนิดไม้อื่น ๆ ที่ไม่ใช่ไม้ดัชนีของป่าเต็งรังขึ้นแทนที่ได้ในที่สุด เช่น การศึกษาของ Bunyavejchewin *et al.* (2020) พบว่าเมื่อป้องกันไฟในป่าเต็งรังเป็นเวลานานจะทำให้ไม้ตัวซึ่งเป็นไม้ที่ชอบความชื้นมากกว่าสามารถเจริญทดแทนในพื้นที่ได้มากยิ่งขึ้น

นอกจากไฟป่าแล้วดินยังเป็นปัจจัยจำกัดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการกำหนดลักษณะสังคมพืชของป่าเต็งรัง โดยเฉพาะดินในป่าเต็งรังแกระนั้นมีลักษณะเป็นดินเลวที่ขาดความอุดมสมบูรณ์

อย่างรุนแรง กล่าวคือมีลักษณะเป็นดินทรายจัดมี
กรดสะสมอยู่มาก จึงทำให้สูญเสียธาตุอาหารใน
ดินได้ง่าย (Sakurai *et al.*, 1998) ซึ่งความแปรผัน
ของอนุภาคดินนี้ย่อมมีอิทธิพลอย่างมากต่อการ
ปรากฏขององค์ประกอบชนิดไม้ในสังคมป่าเต็ง
รังแคะเช่นกัน (Cooling, 1968) นอกจากนั้นการ
ที่ดินขาดความอุดมสมบูรณ์วัตถุดิบกำเนิดของดิน
ถือว่ามีส่วนสำคัญที่เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติดิน
(Gray and Murphy, 1999) แต่หากมีการ
เปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมหรือมีการจัดการโดย
มนุษย์ย่อมมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติ
ดินได้เช่นเดียวกัน (Eghdami *et al.*, 2019) เช่น
การศึกษาของ Sakurai *et al.* (1998) พบว่า หากมี
การป้องกันไฟในพื้นที่ป่าเต็งรังเป็นเวลานาน
ส่งผลให้ดินมีซากพืชปกคลุมจนมีความชื้นสูง
ก่อให้เกิดการย่อยสลายซากพืชได้มากยิ่งขึ้น ซึ่ง
ส่งผลให้ธาตุอาหารในดินของป่าเต็งรังเพิ่มขึ้น
ด้วยเช่นกัน การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดิน
ดังกล่าวสามารถชักนำให้พืชที่ไม่ใช่ไม้สำคัญใน
ป่าเต็งรังสามารถเข้ามาตั้งตัวได้ โดยเฉพาะใน
พื้นที่ที่เป็นร่องเขาหรือพื้นที่ลุ่มต่ำ แสดงให้เห็น
ว่าการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานสามารถส่งผล
ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติดินได้เช่นกัน
การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจนำไปสู่การ
เปลี่ยนแปลงของสังคมพืชในที่สุด อย่างไรก็ตาม
การศึกษาเกี่ยวกับผลที่เกิดจากการป้องกันไฟใน
ป่าเต็งรังเวลานานและสมบัติดินส่วนใหญ่มัก
ศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรังที่อุดมสมบูรณ์ เช่น
Bunyavejchewin *et al.* (2012) ศึกษาที่เขตรักษา
พันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง Sakurai *et al.* (1998)
ศึกษาที่สถานีวิจัยสะแกราชซึ่งเป็นพื้นที่รอย
เชื่อมต่อของป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ

Pairuang *et al.* (2020) ศึกษาในส่วน
พฤกษศาสตร์สกุลโนทยาน เป็นต้น แต่ในประเทศ
ยังไม่ได้มีการศึกษาผลกระทบที่เกิดจากการ
ป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานในพื้นที่ป่าเต็งรังแคะ
แต่อย่างใด ดังนั้นจึงควรมีการเร่งศึกษาให้
ครอบคลุมพื้นที่ป่าดังกล่าวเพื่อประโยชน์ในด้านการ
จัดการป่าเต็งรังที่มีไฟเป็นปัจจัยจำกัดให้เกิด
ประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วนอุทยานแพะเมืองผี เป็นพื้นที่ป่า
อนุรักษ์และยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญของ
จังหวัดแพร่ ซึ่งอยู่ในความดูแลของกรมอุทยาน
แห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช โดยพื้นที่ป่าของ
วนอุทยานแพะเมืองผีถูกปกคลุมด้วยป่าเต็งรัง
แคะ และพื้นที่แห่งนี้จำเป็นต้องป้องกันและ
ควบคุมไฟป่าอย่างเข้มข้นตามนโยบายการลด
มลพิษทางอากาศของรัฐบาล จึงเป็นเหตุให้พื้นที่
ป่าเต็งรังแคะบริเวณแพะเมืองผีถูกป้องกันไฟ
จนถึงปัจจุบันเป็นเวลานานกว่า 40 ปี (Phae
Muang Phi, 2019) จนเป็นเหตุให้สังคมพืชป่าเต็ง
รังแคะบริเวณแพะเมืองผีต่างไปจากเดิม แต่
อย่างไรก็ตามยังไม่เคยมีการศึกษาเกี่ยวกับการ
เปลี่ยนแปลงสังคมพืชในพื้นที่แห่งนี้อย่างจริงจัง
จึงได้เกิดงานวิจัยนี้ขึ้นเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลง
ลักษณะสังคมพืชภายหลังจากที่มีการป้องกันไฟ
ป่าเป็นเวลานาน โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงการปรากฏ
ของสังคมพืชตามการแปรผันของคุณสมบัติดิน
เพื่อเป็นประโยชน์และสร้างความเข้าใจในการ
จัดการระบบนิเวศป่าเต็งรังแคะในพื้นที่อุทยาน
แพะเมืองผีให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
นอกจากนี้ยังอาจใช้เป็นแนวทางในการจัดการ
ป่าเต็งรังที่มีไฟเป็นปัจจัยจำกัดให้เกิด
ประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สถานที่ศึกษา

งานวิจัยนี้ดำเนินการในวนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ (Figure 1) มีขนาดพื้นที่เท่ากับ 167 ไร่ (26.72 เฮกตาร์) ครอบคลุมพื้นที่ตำบลน้ำชำ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ระดับสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางอยู่ระหว่าง 180 ถึง 210 เมตร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นสันเขาเตี้ย ๆ สลับกับร่องห้วย และปรากฏพื้นที่ราบต่ำในฝั่งทางด้านทิศตะวันตกของพื้นที่ (Phae Muang Phi, 2019) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 1,046.1 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 28 องศาเซลเซียส (Phae Meteorological Station, 2015) ปกคลุมด้วยสังคมพืชป่าเต็งรัง พรรณไม้ที่พบได้แก่ ยางเหียง พะยอม (*Shorea talura*) จีว (*Bombax anceps*) เปล้าแพะ (*Croton acutifolius*) สะแก (*Cananga brandisiana*) ฝั่ไร่ (*Gigantochloa albociliata*) และมีการปลูกต้นไม้เพิ่มเติม ได้แก่ กระดินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) กัลปพฤกษ์ (*Cassia bakeriana*) หางนกยูง (*Delonix regia*) วนอุทยานแพะเมืองผีเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีชื่อเสียงของจังหวัดแพร่ ปรากฏเสาดินรูปร่างประหลาดท่ามกลางป่าเต็งรัง คาดการณ์อายุของดินว่าอยู่ในยุค Quaternary ซึ่งเป็นยุคค่อนข้างใหม่ มีอายุตั้งแต่ 15 ล้านปี จนถึงปัจจุบัน ลักษณะการเกิดของเสาดินเกิดจากหินเซมิคอนโซลิเดต (Semiconsolidated) คือ หินที่ยังแข็งตัวไม่เต็มที่ประกอบด้วยชั้นดินทราย (Siltstone) ชั้นหินทราย (Sandstone) สลับกันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นมีความต้านทานต่อการผุพังไม่เท่ากัน (Phae Muang Phi, 2019) และในพื้นที่แห่งนี้ได้ดำเนินการป้องกันไฟ

ป่าอย่างเข้มข้นภายใต้นโยบายของรัฐบาล เป็นระยะเวลา 40 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2524 จนถึงปัจจุบัน (Phae Muang Phi, 2019)

2. การเก็บข้อมูล

2.1 ทำการคัดเลือกบริเวณที่เป็นสังคมพืชป่าเต็งรังแควที่ปรากฏในบริเวณวนอุทยานแพะเมืองผี หลังจากนั้นทำการวางแผนตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่มแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยพิจารณาวางแผนให้ครอบคลุมทุกลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่ บริเวณที่เป็นสันเขา ร่องห้วย และที่ราบต่ำ แล้ววางแผนตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ตามวิธีการของ Laing *et al.* (2019) จำนวน 15 แปลง รวมพื้นที่ศึกษาทั้งหมด เท่ากับ 0.6 เฮกตาร์ (ภาพที่ 1) แล้วทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร นอกจากนั้นภายในบริเวณกึ่งกลางของแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร และทำการวางแผนย่อยขนาด 5 เมตร x 5 เมตร แล้วเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดพรรณพืชของไม้ต้นทุก ๆ แปลงย่อยโดยการบันทึกข้อมูลไม้ใหญ่ (tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่ 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ลูกไม้ (sapling) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระดับอก < 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร และ กล้าไม้ (seedling) คือ กล้าไม้ต้นที่มีความสูง < 1.30 เมตร โดยทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ใหญ่ทุกชนิดที่ปรากฏภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร และทำการนับจำนวนลูกไม้และกล้าไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 5 เมตร x 5 เมตร

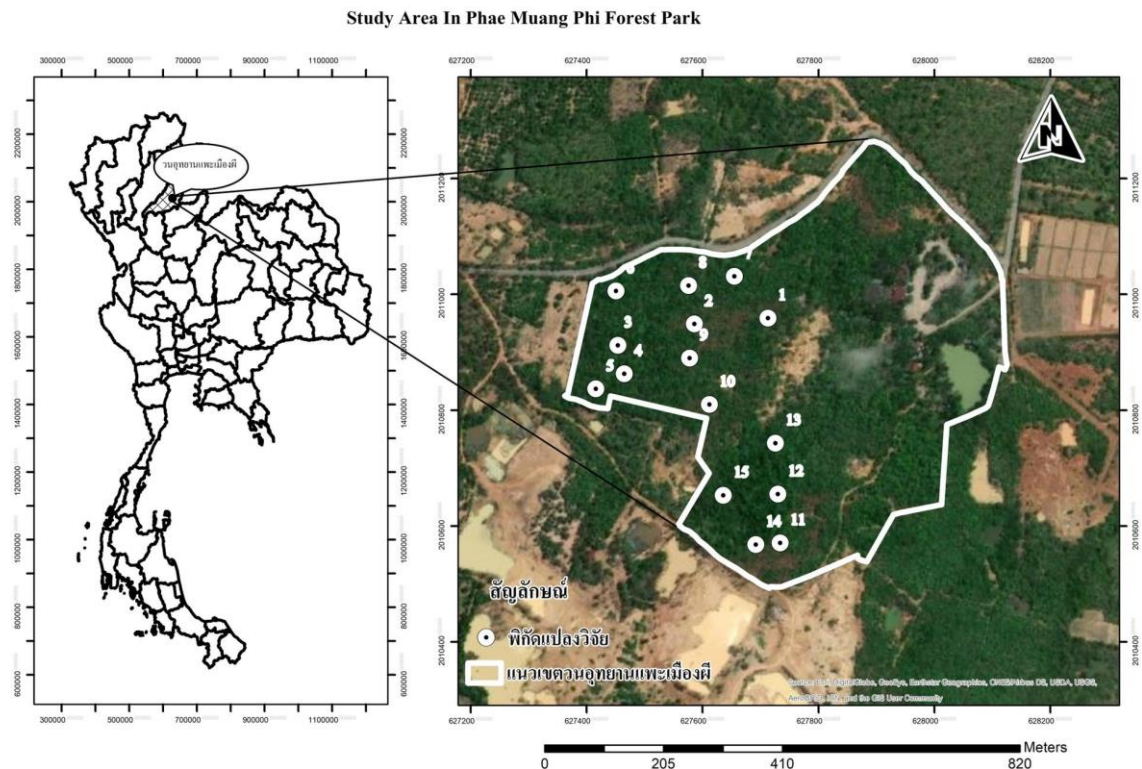


Figure 1 Boundary and location of sampling plots in Phae Muang Phi Forest Park, Phrae province.

พร้อมทำการจำแนกชนิดโดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma and Suddee (2014) เก็บข้อมูลระหว่างเดือนธันวาคม 2562 – ธันวาคม 2563

2.2 การเก็บข้อมูลดิน โดยสุ่มชุดตัวอย่างชั้นผิวดินที่ความลึก 15 เซนติเมตร ภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ทุกแปลงจำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลาง และมุมทั้ง 4 โดยเก็บแบบทำลายโครงสร้างดินแล้วทำการคลุกเคล้าตัวอย่างดินทั้ง 5 จุดให้เข้ากัน เพื่อวิเคราะห์หาอนุภาคดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) ดินทรายแป้ง (silt) ดินเหนียว (clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม

(Mg) ณ ห้องปฏิบัติการคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. วิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) เพื่อหาสังคมย่อยของป่าเต็งรังแคะ โดยใช้ค่าความหนาแน่นของชนิดไม้ใหญ่ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร มาใช้จำแนกสังคม (Community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (Dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent and Coker, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune and Mefford, 2010)

3.2 ค่าเชิงปริมาณทางสังคมของไม้ใหญ่
วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod and Kutintara (2009) โดยหาค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (importance value index, IVI) ได้จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้น/เฮกเตอร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (dominance, Do: ตร.ม./เฮกเตอร์) และความถี่ (frequency, F: เปอร์เซ็นต์) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ใหญ่ ส่วนลูกไม้/กล้าไม้หมายถึง ผลรวมของจำนวนต้นของลูกไม้และกล้าไม้ที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างเดียวกัน แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสำคัญ โดยใช้ผลรวมของคุณสมบัติ 2 ลักษณะ คือความหนาแน่น และความถี่ เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ของทั้งสองค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสองค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของลูกไม้/กล้าไม้ นอกจากนี้วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายชนิดของ Shannon-Wiener index (H') (Magurran, 1988)

3.3 ทดสอบความแปรปรวนของสมบัติดินในแต่ละสังคมย่อยที่ได้จากการจัดกลุ่มหมู่ไม้ โดยนำค่าต่าง ๆ ของสมบัติดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) ดินทรายแป้ง (silt) ดินเหนียว (clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) มาทดสอบด้วยสถิติ ANOVA โดยโปรแกรม SPSS version 14.0

3.4 การจัดลำดับ (ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับคุณสมบัติดิน โดยใช้ค่าความหนาแน่นของไม้ใหญ่แต่ละชนิดในแต่ละแปลงขนาด 20 เมตร x 20 เมตร เป็นเมทริกหลัก

(main matrix) กับคุณสมบัติดิน ได้แก่ อนุภาคดินทราย (sand) อนุภาคดินทรายแป้ง (silt) อนุภาคดินเหนียว (clay) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ให้เป็นเมทริกรอง (second matrix) โดยใช้วิธี Canonical correspondence analysis (CCA) ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune and Mefford, 2010)

ผลและวิจารณ์

1. การจำแนกสังคมย่อยป่าเต็งรังแกระ

การจำแนกสังคมพืชของป่าเต็งรังแกระบริเวณวนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ โดยจัดกลุ่มหมู่ไม้ที่ความคล้ายคลึง 60 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มสังคมพืชป่าเต็งรังออกเป็น 3 สังคมย่อย ได้แก่ 1) สังคมเต็ง (*Shorea obtusa* community, SOC) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ D1, D2, D9, D10, D11 และ D14 2) สังคมรัง (*Shorea siamensis* community; SSC) หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ D7 D8 และ D15 3) สังคมชันทองพญาบาท (*Suregada multiflorum* community, SMC) หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่างที่ D3, D4, D5, D6, D12 และ D13 (Figure 2)

2. ความหลากหลายและองค์ประกอบชนิด

สังคมเต็ง ประกอบด้วยพรรณไม้ 34 ชนิด 32 สกุล 19 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2,755 ต้น/เฮกตาร์ และ 24.18 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 1.70 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคม โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มี

ค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก คือ เต็ง ยางเหียง รัง ประดู่ และกระบก (*Irvingia malayana*) (Table 2) ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ พบ 39 ชนิด 35 สกุล 20 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ เท่ากับ 59,867 ต้น/เฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด

เท่ากับ 1.86 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ หม้อดแอ กระทุ่มเนิน เข้มใหญ่ เต็ง ยางเหียง (Table 2)

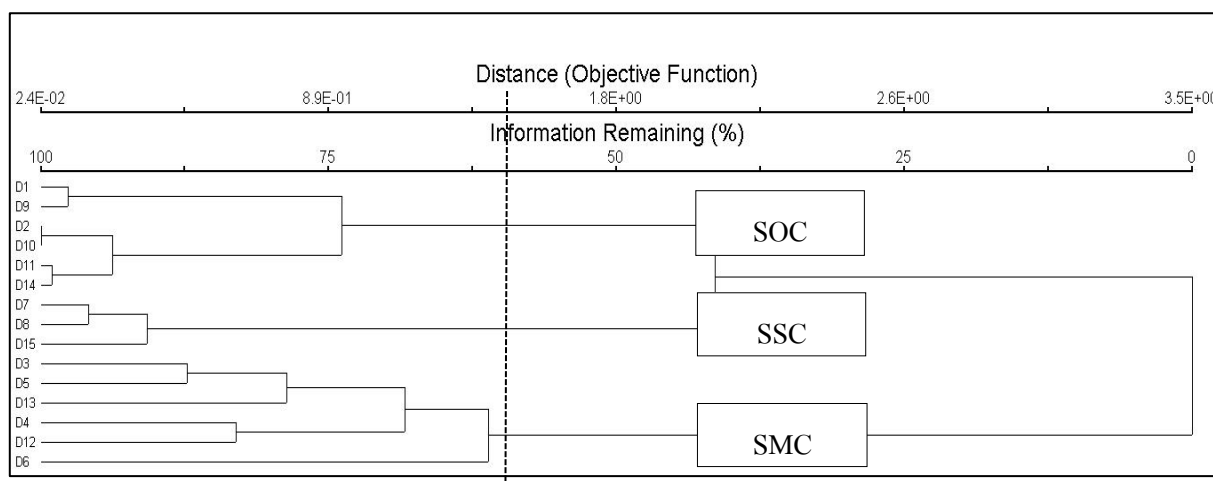


Figure 2 The dendrogram of stand clustering at Phae Muang Phi Forest Park, Phrae province.

สังคมรัง ประกอบด้วยพรรณไม้ 34 ชนิด 31 สกุล 18 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ 2,875 ต้น/เฮกตาร์ และ 23.48 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.59 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ รัง ประดู่ สะเดาปีก (*Vatica harmandiana*) เต็ง และเสี้ยวเครือ (Table 2) ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ พบ 29 ชนิด 27 สกุล 17 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ เท่ากับ 39,066 ต้น/เฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 2.29 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนี

ความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ หม้อดแอ สะเดาปีก เข้มใหญ่ ค่างเต็น เปล้าแพะ (Table 2)

สังคมชันทองพญาบาท ประกอบด้วยพรรณไม้ 49 ชนิด 43 สกุล 24 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้และขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ เท่ากับ และ 1,875 ต้น/เฮกตาร์ และ 19.72 ตารางเมตร/เฮกตาร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 3.13 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคมโดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ ชันทองพญาบาท (*Suregada multiflorum*) ตัวเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) เสี้ยวเครือ ประดู่ และกัณฐ์ (*Walsura pinnata*) (Table 2)

Table 1 Plant community characteristics of dwarf deciduous dipterocarp forest in each sub-community; *Shorea obtusa*, *Shorea siamensis*, and *Suregada multiflorum* community at Phae Muang Phi Forest Park.

Community characters	Sub-Community		
	<i>Shorea obtusa</i>	<i>Shorea siamensis</i>	<i>Suregada multiflorum</i>
Tree			
Number of species	34	34	49
Shannon-Weiner index	1.7	2.59	3.13
Basal area ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$)	24.18	23.48	19.72
Stem density (stems ha^{-1})	2,755	2,875	1,875
Seedling/sapling			
Number of species	39	29	33
Shannon-Weiner index	1.86	2.29	1.66
Stem density (stems ha^{-1})	59,867	39,066	84,266

ส่วนลูกไม้/กล้าไม้ พบ 33 ชนิด 29 สกุล 21 วงศ์ มีความหนาแน่นของหมู่ไม้ 84,266 ต้น/เฮกตาร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1.66 (Table 1) และเมื่อประเมินความเด่นของชนิดไม้ในสังคม โดยใช้ค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) พบว่าชนิดไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 ลำดับแรก ได้แก่ เหมือดแอ่ ค่างเต็น้ เข้มใหญ่ ขันทองพยาบาท และ เปล้าพะยะ (Table 2)

สังคมย่อยเต็ง มีไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดใน 5 อันดับแรกเป็นไม้ดัชนี 3 ชนิด คือ เต็ง ยางเหียง และรัง แสดงว่ายังคงสภาพป่าเต็งรังดั้งเดิม โดยมี เต็ง มีค่าความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด และความหนาแน่น และมีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดถึง 125.79 แสดงว่าในสังคมย่อยแห่งนี้มีหมู่ไม้เต็งปรากฏอย่างเด่นชัด และ

สังคมนี้ปรากฏดัชนีความหลากหลายชนิดต่ำสุด ซึ่งในพื้นที่พะเยาเมืองฝีมักพบสังคมย่อยชนิดนี้ปรากฏอยู่บริเวณสันเขา มีลักษณะเป็นดินลูกรังอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับ รายงานของ Sahunalu (1998) ป่าเต็งรังบริเวณสะแกกราช จังหวัดนครราชสีมา ในบริเวณที่มีเต็งเป็นไม้เด่นมักจะปรากฏบริเวณที่สูงกว่าสังคมอื่น ๆ และมักจะปรากฏค่าดัชนีความหลากหลายต่ำกว่าสังคมป่าเต็งรังอื่น ๆ ที่ขึ้นในบริเวณเดียวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาขนาดพื้นที่หน้าตัดจะเห็นว่าสังคมย่อยเต็งมีค่าสูงกว่า สังคมอื่น ๆ อาจเป็นเพราะลักษณะสภาพแวดล้อมที่พะเยาเมืองฝีมียุทธศาสตร์เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของต้นเต็งซึ่งเป็นสังคมดั้งเดิมของพื้นที่แห่งนี้แต่เมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้/กล้าไม้

Table 2 Top five ranking based on IVI of tree and seedling/sapling in each sub-community at Phae Muang Phi Forest Park, including relative dominance (RDo, %), relative density (RD, %), and relative frequency (RF, %).

Sub-community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
<i>Shorea obtusa</i>	Tree	1. <i>Shorea obtusa</i>	56.55	62.18	7.06	125.79
		2. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	10.06	7.26	4.71	22.03
		3. <i>Shorea siamensis</i>	7.13	6.96	7.06	21.15
		4. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	5.63	5.14	5.88	16.66
		5. <i>Irvingia malayana</i>	4.21	1.97	5.88	12.06
	Seedling/	1. <i>Memecylon scutellatum</i>	-	60.69	6.58	67.27
	Sapling	2. <i>Mitragyna rotundifolia</i>	-	4.90	7.89	12.79
		3. <i>Ixora</i> sp.	-	2.56	7.89	10.46
		4. <i>Shorea obtusa</i>	-	3.12	6.58	9.70
		5. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	-	4.90	3.95	8.85
<i>Shorea siamensis</i>	Tree	1. <i>Shorea siamensis</i>	24.53	14.78	5.08	44.40
		2. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	18.95	17.68	5.08	41.71
		3. <i>Vatica harmandiana</i>	11.54	17.39	5.08	34.01
		4. <i>Shorea obtusa</i>	11.35	12.17	5.08	28.61
		5. <i>Phanera bracteata</i>	5.15	8.99	5.08	19.22
	Seedling/	1. <i>Memecylon scutellatum</i>	-	41.64	6.82	48.46
	Sapling	2. <i>Vatica harmandiana</i>	-	12.63	4.55	17.17
		3. <i>Ixora</i> sp.	-	8.19	6.82	15.01
		4. <i>Canthium glabrum</i>	-	5.12	6.82	11.94
		5. <i>Croton acutifolius</i>	-	4.78	6.82	11.60
<i>Suregada multiflorum</i>	Tree	1. <i>Suregada multiflorum</i>	11.07	13.11	4.65	28.83
		2. <i>Cratoxylum cochinchinenea</i>	10.05	9.11	4.65	23.81
		3. <i>Phanera bracteata</i>	6.40	11.78	4.65	22.83
		4. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	10.73	7.11	4.65	22.49
		5. <i>Walsura pinnata</i>	6.05	10.89	4.65	21.59
	Seedling/	1. <i>Memecylon scutellatum</i>	-	49.29	8.70	57.98
	Sapling	2. <i>Canthium glabrum</i>	-	22.31	4.35	26.66
		3. <i>Ixora</i> sp.	-	13.37	8.70	22.07
		4. <i>Suregada multiflora</i>	-	2.22	7.25	9.46
		5. <i>Croton acutifolius</i>	-	1.90	7.25	9.15

กลับพบว่าเต็งและยางเหียง สามารถตั้งตัวได้น้อยกว่าเหมือดแอ่ กระทุ่มเนิน และเข้มน ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้เป็นไม้ชั้นรองและไม้ชั้นล่างของป่าเต็งรัง (Marod and Kutintara, 2009) อาจเนื่องมาจากพื้นที่แห่งนี้ถูกป้องกันไฟมาเป็นระยะเวลานานเป็นเหตุให้พื้นป่าถูกปกคลุมด้วยซากพืชจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการงอกของชนิดไม้วงศ์ยางเนื่องจากผลมีปีกจึงทำให้ไม่สามารถหล่นลงสู่พื้นดินได้ (Marod *et al.*, 2002) จึงเป็นเหตุให้ชนิดไม้พุ่มหรือไม้ชั้นรองที่สามารถทนร่มได้ขึ้นมาตั้งตัวแทนที่ชนิดไม้เด่นในสังคม (Pairuang *et al.*, 2020; Bunyavejchewin *et al.*, 2016) เห็นได้จากการปรากฏค่าจำนวน และดัชนีความหลากหลายชนิด สูงขึ้นมาในระดับปานกลางเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมย่อยอื่น ๆ

สังคมย่อยรัง ในพื้นที่แพะเมืองผีมักปรากฏตามร่องห้วย พบไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรกได้แก่ รัง ประดู่ สะเดาปึก เต็ง และเลี้ยวเครือ เป็นชนิดไม้เด่นในห้าอันดับแรก แต่เมื่อพิจารณาให้ดีจะสังเกตเห็นว่าค่าดัชนีความสำคัญของรังซึ่งเป็นชนิดไม้ที่มีความสำคัญอันดับแรก มีค่าใกล้เคียงกับประดู่และสะเดาปึก นั่นหมายความว่ารังไม่ปรากฏความโดดเด่นในสังคม หรืออาจจะขึ้นปะปนกับพรรณไม้ชนิดอื่นจนทำให้สังเกตได้ยากซึ่งแตกต่างจากสังคมเต็ง นอกจากนั้นประดู่ที่มีความสำคัญระดับสองมีค่าใกล้เคียงกับรังมากถึงแม้ว่าประดู่จะพบได้ในป่าเต็งรังแต่โดยส่วนใหญ่แล้วประดู่มักจะถูกจัดเป็นไม้ดัชนีในป่าผสมผลัดใบ (Marod and Kutintara, 2009) นั่นแสดงว่าชนิดไม้ป่าผสมผลัดใบเริ่มรุกเข้ามาในพื้นที่ และยิ่งกว่านั้นสะเดาปึก ซึ่งเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบ เนื่องจากไม้ชนิดนี้มักชอบอยู่ในที่

มีความชื้น พบในป่าดิบแล้ง และป่าดิบชื้น (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) เข้ามาตั้งตัวในลำดับที่สามแสดงให้เห็นว่าสังคมย่อยรังเริ่มมีทั้งชนิดไม้ป่าเต็งรังและป่าดิบเข้ามาทดแทนในพื้นที่และการรุกรานของชนิดไม้ในสังคมอื่นเข้ามาในพื้นที่นี้เองที่ทำให้ความหนาแน่นของหมู่ไม้มีค่าสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมอื่น และเมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้/กล้าไม้ จะเห็นว่าชนิดไม้ที่ตั้งตัวได้ในระดับต้น ๆ ไม่ปรากฏไม้ดัชนีอยู่เลย แต่กลับเป็นกลุ่มไม้พุ่ม เช่น เหมือดแอ่ เข้มน และเปกล้า เป็นต้น แต่ที่น่าสังเกตคือสะเดาปึกซึ่งเป็นไม้ต้นไม่ผลัดใบกลับตั้งตัวได้เป็นอย่างดี ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าในสังคมย่อยแห่งนี้สะเดาปึกประสบความสำเร็จในการตั้งตัวทั้งในระดับไม้ต้น ลูกไม้ และกล้าไม้ จึงเป็นเครื่องยืนยันได้อย่างชัดเจนว่าป่าเต็งรังเมื่อมีการป้องกันไฟเป็นเวลานานนั้นส่งผลให้ชนิดไม้ไม่ผลัดใบ และชนิดไม้พุ่มในสังคมอื่นเข้ามายึดครองพื้นที่แทนที่ไม้ดัชนีของป่าเต็งรัง สอดคล้องกับรายงานการศึกษาในพื้นที่ป่าเต็งรังป้องกันไฟอื่น ๆ ของประเทศ เช่น พื้นที่ป่าเต็งรังกันไฟมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร (Marod *et al.*, 2017) ป่าเต็งรังป้องกันไฟป่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) ป่าเต็งรังป้องกันไฟป่าสวนพฤกษศาสตร์สตูลโนทยาน (Pairuang *et al.*, 2020) และบริเวณแนวรอยต่อป่าเต็งรังกับป่าดิบแล้ง ที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช (Boonnam, 2014) เป็นต้น

สังคมชันทองพญาบาท ในพื้นที่แพะเมืองผีมักพบตามที่ลุ่มต่ำและมีน้ำท่วมขังในฤดูฝน สังคมพืชชนิดนี้ปรากฏจำนวนชนิดและดัชนี

ความหลากหลายในระดับไม้ใหญ่มีค่าสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับสังคมเต็งและสังคมรัง อาจเป็นเพราะในพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ลุ่มต่ำและได้รับความชื้นมากกว่าปกติเพราะน้ำท่วมขังจึงเป็นเหตุให้มีชนิดพืชที่หลากหลายทั้งที่ผลัดใบและไม่ผลัดใบสามารถเข้ามาตั้งตัวได้มากยิ่งขึ้นเพราะความชื้นในดินถือเป็นปัจจัยสำคัญในการตั้งตัวของหญ้าไม้โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากความแห้งแล้ง เช่น ป่าเต็งรังและผสมผลัดใบ เป็นต้น (Sakurai *et al.*, 1998; Marod *et al.*, 2002) เห็นได้จากการปรากฏ ขันทองพยับบาท เป็นชนิดที่มีความสำคัญสูงสุด มีค่าเท่ากับ 28.83 เปอร์เซนต์ ซึ่งเป็นชนิดไม้ที่ไม่ผลัดใบชอบความชื้นสูงมักขึ้นกระจายในป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้ง ป่าผสมผลัดใบชื้น และป่าผสมผลัดใบแล้ง (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) และเมื่อพิจารณาชนิดที่มีความสำคัญในลำดับรองลงมา ได้แก่ ตัวเกลี้ยง เลี้ยวเครือ และประดู่ เป็นต้น ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้ล้วนแต่เป็นชนิดไม้เบิกนำของป่าผสมผลัดใบซึ่งมักปรากฏอยู่มากในพื้นที่ที่ถูกรบกวนเช่นพื้นที่ชายป่าเป็นต้น (Asanok *et al.*, 2020) โดยเฉพาะ ตัวเกลี้ยง ถือว่าเป็นชนิดไม้ที่บ่งชี้ถึงผลกระทบที่เกิดจากการป้องกันไฟในป่าเต็งรัง เช่น การศึกษาของ Bunyavejchewin *et al.* (2016) ที่ได้สำรวจสังคมป่าเต็งรัง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้งพบว่าโครงสร้างป่าได้เปลี่ยนไปโดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีการกันไฟอย่างต่อเนื่องทำให้ไม้สกุลตัวมีการสืบต่อพันธุ์มากขึ้นไป ส่วนชนิดไม้ดัชนีของป่าเต็งรังที่ปรากฏในสังคมนี้ คือ รัง ซึ่งมีระดับความสำคัญที่ต่ำมาก แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ป่าเต็งรังที่ได้รับการป้องกันไฟเป็นเวลานานพื้นที่ที่มีความชื้นสูงจะมีผลกระทบต่อการตั้งตัว

ของไม้ดัชนีของป่าเต็งรังมากกว่าพื้นที่แห้งแล้งเนื่องจากชนิดไม้เด่นในป่าผลัดใบไม่สามารถทนทานต่อความชื้นสูงได้ (Chaturvedi and Raghubanshi, 2018) เมื่อพิจารณาการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้/กล้าไม้พบว่า สังคมพืชชนิดนี้มีความหนาแน่นของลูกไม้/กล้าไม้มากที่สุดแต่มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิดต่ำที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมเต็งและสังคมรัง หมายความว่าในระดับลูกไม้/กล้าไม้ ของสังคมพืชชนิดนี้มีจำนวนชนิดน้อยที่สามารถเข้ามาตั้งตัวได้แต่มีปริมาณมากในแต่ละชนิด อาจเป็นเพราะดินในพื้นที่บริเวณนี้มีความชื้นสูงเพราะการป้องกันไฟเป็นเวลานานรวมถึงเป็นพื้นที่น้ำท่วมขังจึงทำให้กล้าไม้ของชนิดไม้ที่ชอบความชื้นในดินสูงเข้ามาตั้งตัวได้ดี เห็นได้จากการปรากฏ เหมือดแอ่ เข็มใหญ่ เปล้าพะ และค้างค้ำ เป็นชนิดไม้เด่นในระดับกล้าไม้และลูกไม้ ซึ่งชนิดไม้เหล่านี้เป็นไม้ขึ้นรองหรือไม้พุ่ม ที่ชอบความชื้นและทนร่ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Bunyavejchewin *et al.* (2016) ที่รายงานว่าป่าเต็งรังป้องกันไฟเป็นเวลานานในพื้นที่ห้วยขาแข้งมีไม้พื้นล่างขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น หรือ การศึกษาของ Marod *et al.* (2017) ที่รายงานว่าป่าเต็งรังป้องกันไฟในพื้นที่ลุ่มต่ำของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร มีกล้าไม้ที่ชอบความชื้น เช่น อะราง และตัว เข้ามายึดครองพื้นที่และเป็นไม้เด่นในป่าเต็งรังป้องกันไฟได้ นอกจากนั้นสังคมย่อยแห่งนี้ไม่ปรากฏลูกไม้/กล้าไม้ ของชนิดไม้วงศ์ยางที่เป็นดัชนีของป่าเต็งรังเลย แสดงให้เห็นว่าในสภาพแวดล้อมที่ป้องกันไฟมาเป็นเวลานาน โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความชื้นสูงจะทำให้ไม้วงศ์ยางไม่สามารถตั้งตัวได้ทั้งในระดับลูกไม้/กล้าไม้

และไม้ใหญ่ สอดคล้องกับ Marod *et al.* (2017) รายงานว่าการป้องกันไฟในป่าเต็งรัง ซึ่งมีระบบนิเวศพึ่งไฟ (fire dependence ecosystem) เป็นระยะเวลานาน ส่งผลเสียต่อการสืบพันธุ์ของกลุ่มพรรณไม้วงศ์ยางที่เป็นไม้เด่นของป่าชนิดนี้ พรรณไม้วงศ์ยางมีจำนวนประชากรลดลง ทำให้องค์ประกอบของสังคมพืชป่าเต็งรังดั้งเดิมเปลี่ยนแปลง และ Boonnam *et al.* (2014) ศึกษาพื้นที่รอยเชื่อมต่อระหว่างป่าดิบแล้งและป่าเต็งรังบริเวณสถานีวิจัยสะแกราช พบว่าในพื้นที่ป้องกันไฟเป็นเวลานานบริเวณรอยต่อป่าไม้ป่าดิบแล้งสามารถยึดครองพื้นที่ได้ดี เนื่องจากกล้าไม้ป่าดิบแล้งที่ไม่ทนไฟ และการที่มีเศษซากพืชที่มีปริมาณมาก ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ทำให้ไม้ป่าดิบเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ นอกจากนี้การควบคุมไฟป่าเป็นระยะเวลานานสังคมป่าเต็งรังเริ่มเปลี่ยนเป็นป่าผสมผลัดใบและพัฒนาเป็นป่าดิบ

แล้งที่เป็นสังคมดั้งเดิมของพื้นที่ (Winichsorn, 1997; Kutintara, 1994)

3. สมบัติดิน

พบว่า อนุภาคดินมีเพียงปริมาณทรายที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยปรากฏในสังคมชันทองพญาบาทมากที่สุด คือ 62.12 ± 5.48 ส่วนธาตุอาหารมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในแต่ละพื้นที่ (Table 3) โดยสังคมรังมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารมากที่สุด ได้แก่ อินทรีย์วัตถุในดิน ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 2.75 ± 0.65 , 0.13 ± 0.03 , 70.95 ± 8.06 , 349.27 ± 57.59 และ 139.14 ± 11.65 ตามลำดับ ($p<0.05$ หรือ $p<0.01$) ในขณะที่สังคมเต็งสะสมฟอสฟอรัสมากที่สุด คือ 6.49 ± 2.51 ($p<0.05$) ส่วนสังคมชันทองพญาบาทมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังคมอื่น ๆ (Table 3)

Table 3 Comparing of soil properties between sub- communities; *Shorea obtusa* community (SOC), *Shorea siamensis* community (SSC), *Suregada multiflorum* community (SMC) at Phae Muang Phi Forest Park.

Soil condition	SOC	SSC	SMC	p-value
Sand (%)	59.54 ± 6.20^b	51.95 ± 0.76^{ab}	62.12 ± 5.48^a	0.050
Silt (%)	17.17 ± 2.56	19.00 ± 1.00	16.33 ± 2.94	0.367
Clay (%)	23.21 ± 4.97	28.88 ± 2.00	21.55 ± 4.84	0.112
OM	1.95 ± 0.45^b	2.75 ± 0.65^a	1.79 ± 0.30^b	0.026
N (%)	0.08 ± 0.02^b	0.13 ± 0.03^a	0.09 ± 0.03^{ab}	0.071
P (mg kg ⁻¹)	6.49 ± 2.51^a	4.08 ± 0.60^b	3.37 ± 0.48^b	0.020
K (mg kg ⁻¹)	67.82 ± 15.97^b	70.95 ± 8.06^a	40.03 ± 10.29^b	0.004
Ca (mg kg ⁻¹)	209.24 ± 79.22^b	349.27 ± 57.59^a	204.95 ± 64.55^b	0.027
Mg (mg kg ⁻¹)	98.21 ± 27.37^{ab}	139.14 ± 11.65^a	67.98 ± 27.35^b	0.006

4. ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยดินและสังคมพืช

จากการจัดลำดับสังคมพืชตามแนวการลดหลั่นของปัจจัยดินด้วยวิธี CCA พบว่าค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) และแกนที่ 2 (axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.617, 0.252 และ 0.155 ตามลำดับ การใช้แกนที่ 1 และ 2 ในการอธิบายผลความสัมพันธ์จึงให้ความถูกต้องมากที่สุด โดยสามารถจัดลำดับสังคมและรวมถึงชนิดไม้เด่นของแต่ละสังคมย่อยตามแนวลดหลั่นของสมบัติดินแตกต่างกันอย่างชัดเจน (Figure 3) ได้แก่ ชนิดไม้เด่นของสังคมเต็ง โดยส่วนใหญ่ถูกกำหนดด้วยปริมาณฟอสฟอรัส เช่น เต็ง (SHOOB) ยางเหียง (DIPOB) ค่างเต็น (CANGL) กระบก (IRVMA) เหมือดและ เหมือดโลด (APOVI) เป็นต้น ชนิดไม้เด่นของสังคมย่อยสังคมรัง เช่น รัง (SHOSD) สะเดาปีก (VATHA) ตะขบป่า (FLAIN) ตะคร้อ (SCHOL) ประดู่ (PTEMA) มะกอกเกลื่อน (CANSU) และ กูก (LANCO) เป็นต้น ถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียวและมีปริมาณธาตุอาหารหลายชนิด ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน รวมถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนชนิดไม้เด่นของสังคมสังคมชันทองพญาบาท ส่วนใหญ่ถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทราย เช่น ชันทองพญาบาท (SURMU) คันแหล่น (FERTA) ตั้วขน (CRACO) แดง (XYLXY) มะหาด (ARTTH) มะเกลือ (DIOMO) ปอแดง (STEGU) และ ยอป่า (MORCO) เป็นต้น (Figure 3)

ชนิดไม้เด่นในสังคมย่อยสังคมเต็งถูกกำหนดด้วยปริมาณฟอสฟอรัส เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดินในสังคมเต็งจะเห็นว่าการสะสมปริมาณฟอสฟอรัสในดินมากที่สุดเมื่อ

เปรียบเทียบกับสังคมย่อยอื่น ๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะวัตถุดิบกำเนิดดินที่มาจากหินกรวดที่ยังคงหลงเหลือปะปนอยู่ในดินเป็นจำนวนมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Sonkanha *et al.* 2012 ที่รายงานว่าหน้าดินในพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณสะแกราชมีการสะสมฟอสฟอรัสมากกว่าชนิดอื่น ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่แตกต่างกันนั่นเอง นอกจากนี้การที่สังคมพืชแห่งนี้มีการสะสมฟอสฟอรัสในปริมาณมากอาจเนื่องมาจากการป้องกันไฟป่าเป็นเวลานานซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Wattanasuksakul *et al.* (2012) ที่รายงานว่าบริเวณสถานีวิจัยอินทจิลงจังหวัดเชียงใหม่ ป่าเต็งรังที่ป้องกันไฟมีการสะสมฟอสฟอรัสมากกว่าป่าที่ถูกไฟไหม้เป็นประจำ ดังนั้นชนิดพืชเหล่านี้จึงได้รับฟอสฟอรัสมากกว่าสังคมพืชอื่น ๆ ซึ่งฟอสฟอรัสมีคุณสมบัติต่อพืชก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของรากพืช โดยฟอสฟอรัสช่วยให้รากของพืชแข็งแรง และแผ่กระจายได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งส่งผลให้ลำต้นแข็งแรงตามไปด้วย (Kim and Li, 2016) ด้วยคุณสมบัติข้อของฟอสฟอรัสนี้ อาจเป็นเหตุให้หมู่ไม้เหล่านี้สามารถทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีความเค็มสูงของป่าเต็งรังแคะ เช่น สภาพแห้งแล้งจัด และดินขาดธาตุอาหาร เป็นต้น

ชนิดไม้เด่นของสังคมรัง ถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียว และปริมาณธาตุอาหารหลายชนิด ได้แก่ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม ไนโตรเจน อาจเป็นเพราะดินของสังคมพืชชนิดนี้ปรากฏอนุภาคดินเหนียวจำนวนมากจึงส่งผลให้เกิดการสะสมธาตุอาหารมากตามไปด้วย เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวจะสามารถเก็บกักธาตุอาหารไว้ในดินได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ

อนุภาคดินทราย และทรายแป้ง (Kome *et al.*, 2019) ซึ่งการสะสมธาตุอาหารในดินนอกจากจะเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินแล้วยังขึ้นอยู่กับกรย่อยสลายของเศษซากพืชอีกด้วย (Krishna and Mohan, 2017) เนื่องจากสังคมพืชแห่งนี้มักปรากฏอยู่ตามร่องห้วยจึงมีความชื้นอยู่มากกว่าบริเวณอื่น ๆ อาจเป็นเหตุให้ซากพืชเกิดการย่อยสลายได้เร็วขึ้นเนื่องจากความชื้นถือว่าเป็นตัวเร่งในการ

ย่อยสลายของซากพืชเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ชื้นจะมีความเหมาะสมต่อผู้ย่อยสลายมากกว่าในพื้นที่แห้งแล้ง (Wallance *et al.*, 2018) ดังนั้นจึงถือได้ว่าชนิดไม้เหล่านี้มีปัจจัยกำหนดมากกว่าหมู่ไม้อื่น ๆ ซึ่งในทางนิเวศวิทยาถือว่าชนิดไม้ที่มีปัจจัยจำกัดจำนวนมากก็จะมี ความทนทานทางนิเวศต่ำเนื่องจากมีความอ่อนไหวต่อปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย (Craine *et al.*, 2012)

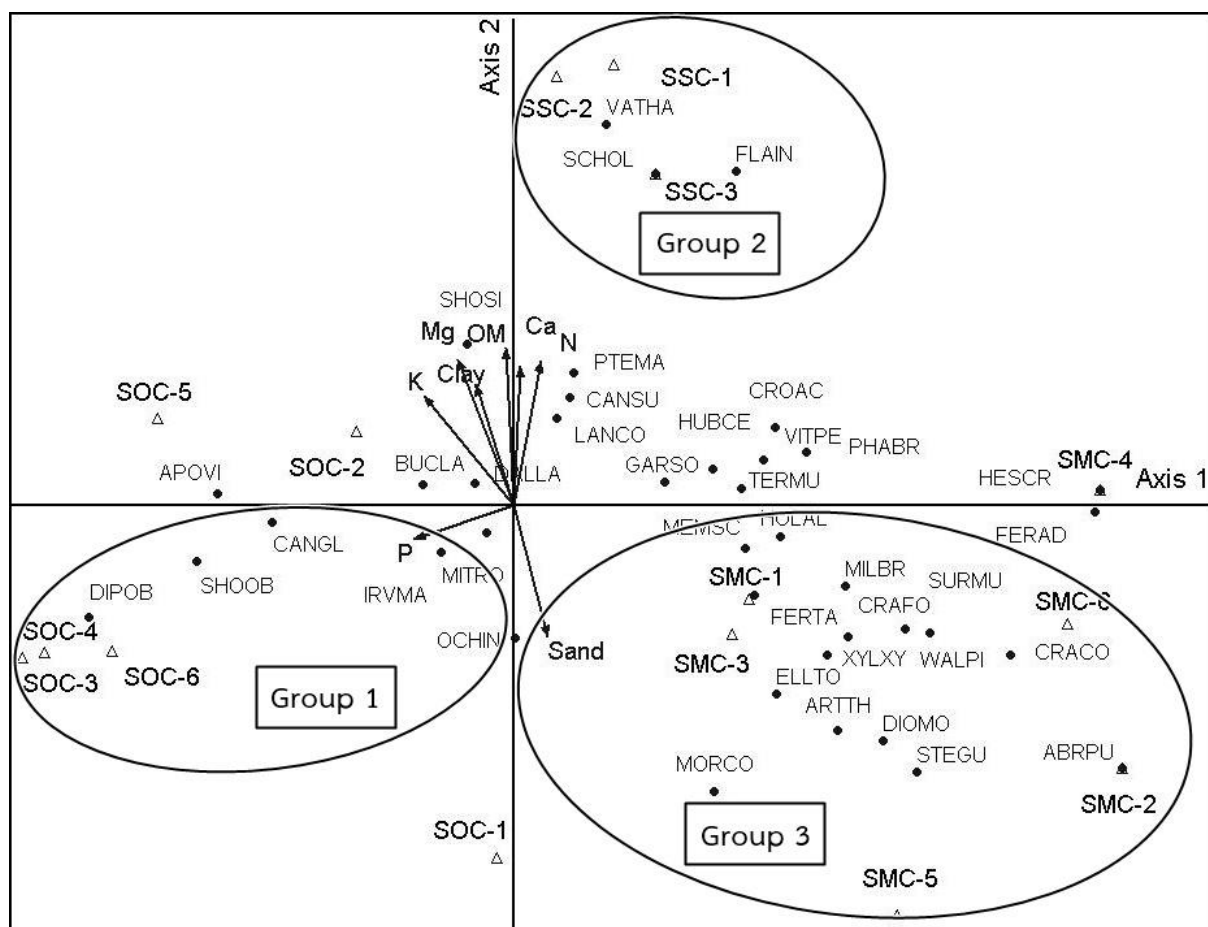


Figure 3 The data analysis showed CCA of Environmental affecting tree species, *Shorea obtusa* sub-community (DDF-SO), *Shorea siamensis* sub-community (DDF-SS), *Suregada multiflorum* sub-community (DEF-SM), in Phae Muang Phi Forest Park

จึงเป็นเหตุให้ชนิดพืชเหล่านี้มีความเฉพาะเจาะจงกับถิ่นอาศัย อาจด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ชนิดไม้ไม่ผลัดใบ เช่น สะเดาปีก สามารถตั้งตัวได้ดี

ในสังคมพืชชนิดนี้เพราะมีปริมาณธาตุอาหารในดินมากกว่าสังคมพืชอื่น ๆ เนื่องจากสะเดาปีกเป็นชนิดไม้เด่นในสังคมป่าไม้ผลัดใบ ซึ่งชนิดไม้ไม่

ผลัดใบส่วนใหญ่มักจะมีความต้องการปริมาณธาตุอาหารปริมาณมากกว่าชนิดไม้ผลัด เช่น ชนิดไม้ดัดชนิดในป่าเต็งรัง เป็นต้น (Mueller *et al.*, 2012)

ชนิดไม้เด่นของสังคมชั้นทองพญาบาทถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทราย เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดินในสังคมพืชแห่งนี้จะเห็นว่าอนุภาคดินทรายมากที่สุดแต่ในทางตรงกันข้ามกับการสะสมธาตุอาหารในดินน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากพื้นที่แห่งนี้มักปรากฏอยู่ในพื้นที่ลุ่มต่ำและมีน้ำท่วมเป็นประจำ เป็นเหตุให้น้ำพัดพาอนุภาคดินทรายซึ่งเป็นอนุภาคดินส่วนใหญ่ของป่าเต็งรังมาทับถมในบริเวณนี้ แต่ในขณะเดียวกันมวลน้ำที่เข้ามาท่วมนี้ก็ทำการพัดพาเอาธาตุในดินอาหารออกไปจากสังคมพืชแห่งนี้ด้วย ดังนั้นปัจจัยจำกัดของชนิดไม้เหล่านี้นอกจากอนุภาคดินทรายที่ทำการศึกษาแล้ว อาจเนื่องมาจากอิทธิพลความชื้นในดินที่เกิดจากการท่วมขังก็เป็นได้ ถึงแม้จะไม่ได้มีการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้แต่ก็มีความวิจัยอยู่เป็นจำนวนมากที่ระบุว่าความชื้นจากลำห้วยช่วยแผ่ขยายความชื้นเข้าไปในดินบริเวณใกล้ลำห้วยและส่งผลให้เกิดเป็นสังคมพืชป่าไม้ผลัดใบหรือสังคมพืชริมน้ำขึ้น (เช่น Zhao *et al.*, 2020; Poblador *et al.*, 2018; Asanok *et al.*, 2017) จึงเป็นเหตุให้ชั้นทองพญาบาท และชนิดไม้ไม้ผลัดใบอื่น ๆ ตั้งตัวได้ดีในสังคมพืชแห่งนี้ และอาจกล่าวได้ว่าในพื้นที่ป่าเต็งรังแควที่ป้องกันไฟเป็นเวลานานสามารถทำให้ลักษณะสังคมพืชเปลี่ยนไปจากเดิมได้ โดยเฉพาะพื้นที่ใกล้ลำห้วยหรือมีน้ำท่วมมีการเปลี่ยนสภาพไปเร็วกว่าป่าที่อยู่ห่างจากลำห้วย

สรุป

ป่าเต็งรังแคว บริเวณวนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ สามารถจำแนกเป็นสังคมย่อยตามชนิดไม้เด่นได้ 3 สังคม ได้แก่ สังคมเต็ง สังคมรัง และสังคมชั้นทองพญาบาท โดยสังคมที่ยังคงสภาพเป็นป่าเต็งรังแควดั้งเดิมคือสังคมเต็ง ส่วนสังคมรังมีองค์ประกอบชนิดไม้เด่นเปลี่ยนไปจากเดิมเล็กน้อย เนื่องจากมีชนิดไม้ไม้ผลัดใบและชนิดไม้ในป่าผสมผลัดใบเข้ามาตั้งตัวแทนที่ไม้ดัดชนิดเดิม เช่น สะเดาปีก ประดู่ และ เสี้ยวเครือ เป็นต้น ส่วนสังคมชั้นทองพญาบาทมีลักษณะสังคมพืชและองค์ประกอบชนิดไม้เด่นแตกต่างจากป่าเต็งรังแควดั้งเดิมมากที่สุด เนื่องจากมีชั้นทองพญาบาทซึ่งเป็นไม้ไม้ผลัดใบเป็นไม้เด่น ส่วนไม้รังปรากฏอยู่ในระดับความสำคัญที่ต่ำมาก นอกจากนั้นยังพบว่า ธาตุอาหารมีผลต่อการปรากฏของชนิดไม้เด่น โดยในสังคมเต็งถูกกำหนดด้วยปริมาณฟอสฟอรัส สังคมรังถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินเหนียว และปริมาณธาตุอาหาร (อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) ส่วนสังคมชั้นทองพญาบาทถูกกำหนดด้วยอนุภาคดินทราย

การป้องกันไฟป่าในพื้นที่ป่าเต็งรังแควเป็นเวลานานกว่า 40 ปี มีผลทำให้การสะสมธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้น และสามารถทำให้ลักษณะสังคมพืชเปลี่ยนไปจากเดิมได้ ดังนั้นมาตรการจัดการด้านไฟป่าโดยการควบคุม เช่น การชิงเผาตามหลักวิชาการ อาจช่วยให้การสืบต่อพันธุ์ของไม้ดัดชนิดในป่าเต็งรังดำรงอยู่ได้ และทำให้ป่าเต็งรังแควแห่งนี้สามารถคงสภาพของสังคมพืชดั้งเดิมต่อไปได้เป็นเวลานาน

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ หัวหน้าวนอุทยาน
แพะเมืองผีและเจ้าหน้าที่ทุกท่านที่สนับสนุน
พื้นที่การศึกษาวิจัย ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษา
ปริญญาโทที่ช่วยเหลือการเก็บข้อมูลภาคสนาม
และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และ
คณาจารย์มหาวิทยาลัยแม่โจ้ - แพร่ เฉลิมพระ
เกียรติทุกท่าน ที่สนับสนุนงานวิจัยตลอดมา อีกทั้ง
ขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นกำลังใจให้การทำ
วิจัยสำเร็จไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Akaakara, S. 2000. **Forest Fire Control for Thailand**. Forest Fire Control Division, Forest Protection and Fire Control Bureau, Royal Forest Department, Bangkok.(in Thai)
- Asanok, L., T. Kamyao, M. Norsangsri, P. Salinlal-um, K. Rodrungruang, N. Karnasuta, S. Navakam, S. Pattanakiat, D. Marod, P. Duengkae and U. Kutintara. 2017. Vegetation community and factors that affect the woody species composition of riparian forests growing in an urbanizing landscape along the Chao Phraya River, central Thailand. **Urban Forestry & Urban Greening** 28 :138–149
- Boonnam, C. 2014. **Effect of fire on vegetation structure and species composition along the edges of dry evergreen forest at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province.**

M.S. Thesis, Kasetsart University, Bangkok.
(in Thai)

- Bunyavejchewin, S. 2012. **Structure and Dynamics of Deciduous Dipterocarp Forest**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Bunyavejchewin, S., Y. Jamlongrat, R. Buasalee and P. Rayanggul. 2016. **Trees & forest of Huai Kha Kaeng Wildlife Sanctuary**. Amarin Printing & Publishing, Bangkok. (in Thai)
- Chong, K., R. Chonga, L. Tana, A. Yee, M. Chua, K. Wongd and H. Tan. 2016. Seed production and survival of four dipterocarp species in degraded forests in Singapore. **Plant Ecology & Diversity** 9 (5): 483–490.
- Chaturvedi, R. and A. Raghubanshi. 2018. Effect of soil moisture on composition and diversity of trees in tropical dry forest. **MOJ Ecology & Environmental Science**. 3(1): e00059
- Craine, J., B. Engelbrecht, C. Lusk, N. McDowell and H. Poorter. 2012. Resource limitation, tolerance, and the future of ecological plant classification. **Frontiers in Plant Science** 3: 246.
- Cooling, E.N. 1968. **Fast growing timber trees of the lowland tropics. No. 4. Pinus merkusii**. Commonwealth Forestry Institute, Department of Forestry, University of Oxford, UK.
- Eghdami, H., G. Azhdari, P. Lebailly and H. Azadi. 2019. Impact of land use changes on soil and vegetation characteristics in Fereydan, Iran. **Agriculture** 9 (3): e58.

- Gray, J.M. and B.W. Murphy. 1999. **Parent Material and Soils A Guide to the Influence of Parent Material on Soil Distribution in Eastern Australia**. Centre for Natural Resources, Ecosystem Management, Cowra, NSW Department of Land and Water Conservation, Australia.
- Kent, M., R. Lues and P. Coker. 1994. The general classification of rhesus macaques, *Macaca mulatta*. **International Journal of Biology Assay** 11(6): e363.
- Kim, H. and X. Li. 2016. Effects of phosphorus on shoot and root growth, partitioning, and phosphorus utilization efficiency in Lantana. **HORTSCIENCE** 51(8):1001–1009.
- Krishna, M. and M. Mohan. 2017. Litter decomposition in forest ecosystems: a review. **Energy, Ecology and Environment** 2(4): 236–249.
- Kome, G., R. Enang, F. Tabi and B. Yerima. 2019. Influence of clay minerals on some soil fertility attributes: a review. **Open Journal of Soil Science** 9: 155-188.
- Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Laing, R.S., K.H. Ong, R.J.H. Kueh, N.G. Mang, P.J.H. King and M. Sait. 2019. Stand structure, floristic composition and species diversity along altitudinal gradients of a Bornean mountain range 30 years after selective logging. **Journal of Mountain Science** 16(6): 1419-1434.
- Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka and T. Nakashizuka. 2002. The effects of drought and fire on seed and seedling dynamics in a tropical seasonal forest in Thailand. **Plant Ecology** 161: 41–57.
- Marod, D. 2011. **Sampling Technique and Plant Community Analysis**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Marod, D., P. Duengkae, J. Thongsawi, W. Phumphuang, S. Thinkampheang, A. Kullawong and S. Hermhuk. 2017. Tree stands clustering and carbon stock assessment of deciduous dipterocarp forest at Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 1(1): 1–9. (in Thai)
- Marod D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Kasetsart University. Akson Siam Printing House. Bangkok.
- McCune, B. and M. J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate analysis of Ecological Data, Version 6.0 for Windows**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.
- Mueller, K., S. Hobbie, J. Oleksyn, P. Reich and D. Eissenstat. 2012. Do evergreen and deciduous trees have different effects on net N mineralization in soil? **Ecology** 93(6): 1463–1472.

- Oosting, H. 1956. **The Study of Plant Communities 2nd edition.**Freeman, San Francisco, USA.
- Pairuang, N., C. Thapyai and L. Asanok. The influence of fire protection on plant community changes in Sakunothayan botanical garden, Wang Thong district, Phitsanulok province. **Thai Journal of Forestry** 39 (1): 28-40. (in Thai)
- Phae Muang Phi Forest Park. 2019. **The report of Phae Muang Phi.** Protected Area Regional Office 13 Phrae Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)
- Phrae Meteorological Station. 2015. **Data of Meteorological Station Phrae.** Thai Meteorological Department, Bangkok. (in Thai)
- Pooma, R. and S. Suddee. 2014. **Tem Smitinand's Thai Plant Names, revised edition 2014.** Office of the Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Poblador S., Z. Thomas, P. Rousseau-Gueutin, S. Sabaté and F. Sabater.2018. Riparian forest transpiration under the current and projected Mediterranean climate: Effects on soil water and nitrate uptake. **Ecohydrology** 12 (1): e2043.
- Plassard, C. and B. Dell. 2010. Phosphorus nutrition of mycorrhizal trees. **Tree Physiology** 30: 1129–1139.
- Richards, P.W, A.G. Tansley and A.S. Watt. 1940. The recording of structure, life form and flora of tropical forest communities a basis for their classification. **Journal of Ecology** 28: 224-239.
- Santisuk, T. 2012. **Forest of Thailand.** The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Prachachon Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)
- Schaller J., A. Tischer, E. Struyf, M. Bremer, M. Belmonte and D. Potthast. 2015. Fire enhances phosphorus availability in topsoils depending on binding properties. **Ecological Society of America** 96 (6): 1598–1606.
- Sahunalu P. 1998. Species diversity of trees in dry dipterocarp forest at Sakaerat, Nakornratchasima II. Species number and species diversity expectations from tree individuals. **Thai Journal of Forestry** 17: 26-35. (in Thai)
- Sonkanha, W.S., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and T. Artchawakom. 2012. Soil characteristics under various types of forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal** 40: 7-18.
- Tripathi S. and A. S. Raghubanshi. 2014. Seedling growth of five tropical dry forest tree species in relation to light and nitrogen gradients. **Plant Ecology** 7 (3): 250–263.
- Tansley A. G. 1939. The plant community and ecosystem. **Journal of Ecology** 27: 513-530.
- Wallace, K., D. Laughlin, B. Clarkson and L. Schipper. 2018. Forest canopy restoration has indirect effects on litter decomposition and no effect on denitrification. **Ecosphere** 9 (12): e02534.

- Wanthongchai, K., J. Bauhus and J.G. Goldammer. 2014. Effects of past burning frequency on woody plant structure and composition in dry dipterocarp forest. **Thai Journal of Forestry** 33(3): 109–130.
- Wattanasuksakul, S., S. Khamyong, N. Anongrak and K. Sri-ngernyuang. 2012. Impacts of forest fire on soil physic-chemical properties and nutrient storages in dry dipterocarp forest in Takin Silvicultural Research Station, Chiang Mai province. **Journal of Agriculture** 28(1): 19–29. (in Thai)
- Winichsorn, B. 1997. **Seven-year vegetation and soil dynamics after burning in dry dipterocarp forest at Sakaerat, Nakhon Ratchasima Province.** M.S. Thesis. Kasetsart Universtiy, Bangkok. (in Thai)
- Zhao, Q., S. Ding, Q. Liu, S. Wang, Y. Jing and M. Lu. 2020. Vegetation influences soil properties along riparian zones of the Beijiang River in Southern China. **PeerJ** 8: e9699.

นิพนธ์ต้นฉบับ

โครงสร้างและพลวัตป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล)

ประนอม ชุมเรียง¹ นันทิกานต์ ปะดุกา¹ และ ญัฐกาญจนา ค้างอ่อน^{2*}

รับต้นฉบับ: 25 มีนาคม 2564

ฉบับแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2564

รับลงพิมพ์: 17 พฤษภาคม 2564

บทคัดย่อ

ป่าชายเลนนับว่าเป็นระบบนิเวศที่มีความเปราะบางและยากที่จะฟื้นฟูหากถูกรบกวน วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้เพื่อต้องการทราบลักษณะโครงสร้าง พลวัต และการกักเก็บคาร์บอนของป่าชายเลนภายหลังการฟื้นฟูตามธรรมชาติ บริเวณศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) โดยวางแผนการแบบแถบ ขนาด 20 x 500 เมตร ในปี พ.ศ. 2556 ติดเบอร์และวัดขนาดต้นไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกมากกว่า 4.5 เซนติเมตร ทำการติดตามและวัดซ้ำทุก ๆ 2 ปี ในช่วงปี พ.ศ. 2556 - 2562

ผลการศึกษา พบพรรณไม้ในปี พ.ศ. 2562 จำนวน 11 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ มีพื้นที่หน้าตัดและความหนาแน่นเท่ากับ 27.35 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ และ 1,016 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ มีความหลากหลายพรรณพืชค่อนข้างต่ำ (Shannon-Wiener, H' , เท่ากับ 1.39) โดยวงศ์โกกงาง (*Rhizophoraceae*) มีจำนวนชนิดและความหนาแน่นมากที่สุดคือ 7 ชนิด และ 525 ต้นต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ พลวัตป่าชายเลนมีความผันแปรตามช่วงเวลาและชนิดไม้ ความหนาแน่นของไม้ป่าชายเลนมีแนวโน้มลดโดยมีอัตราการตายเฉลี่ยสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ย (0.13 ± 0.22 และ 5.66 ± 0.69 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ) ชนิดไม้ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) มีอัตราการตายมากที่สุด ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าชายเลนเฉลี่ยเท่ากับ 278 ± 33.62 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยเท่ากับ 130.73 ± 15.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ โดยชนิดไม้โกกงางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินสูงที่สุด (189.22 ต้นต่อเฮกตาร์) แสดงให้เห็นว่า โกกงางใบเล็กมีการเจริญเติบโตที่ดีและมีศักยภาพสูงในการคัดเลือกมาใช้ปลูกเพื่อฟื้นฟูป่าชายเลนในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศ รวมถึงเป็นการเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในป่าชายเลนเพื่อช่วยลดผลกระทบและการปรับตัวด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทั้งในระดับชาติและนานาชาติ

คำสำคัญ: มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน การกักเก็บคาร์บอน การฟื้นฟูป่าชายเลน

¹ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) กองอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง สตูล 91100

²ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: nattakarnda.d@ku.th

ORIGINAL ARTICLE

Structural and Dynamics of Mangrove Forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun)

Pranom Chumriang¹ Nanthikan Paduka¹ and Nattakarnda Duangon²

Received: 25 March 2021

Revised: 14 May 2021

Accepted: 17 May 2021

ABSTRACT

Mangrove forest is the fragile ecosystem and difficult to restore after disturbed. This study aimed to clarify the mangrove forest structure, dynamics and carbon sequestration after natural forest restoration at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun). In 2013, a 1-ha transect permanent plot, 20 m x 500 m, was established. All trees with diameter at breast height over 4.5 cm were tagged, measure, and identified. Tree monitoring was done every 2-year during the 2013 to 2019.

The results showed that tree species in 2019 of total 11 species 6 genera and 4 families were found. The total basal area and density were $27.35 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ and $1,016 \text{ individual} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively. Plant diversity was quite low based on Shannon-Wiener index ($H' = 1.39$). Family of Rhizophoraceae is the most dominance family which had highest species number and tree density (7 species and $525 \text{ individual} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively). Mangrove forest dynamics varied among periods and species. Tree density had decreased trended which related on high average mortality rate than increment rate (0.13 ± 0.22 and $5.66 \pm 0.69 \% \cdot \text{y}^{-1}$, respectively). The species of *Bruguiera parviflora* had the highest mortality rate. The above-ground biomass and carbon sequestration in mangrove forests were $278 \pm 33.62 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ and $130.73 \pm 15.83 \text{ tc} \cdot \text{ha}^{-1}$, respectively. The species of *Rhizophora apiculata* had the highest above-ground biomass ($189.22 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$). Indicating this species had well growth and high efficiency to select for planting in the mangrove restoration program of Thailand. In addition, these strategies can increase carbon storage in the mangrove forest which may support the mitigation and adaptation on climate change in national and international levels.

Key words: above ground biomass, carbon sequestration, mangrove forest restoration

¹ Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun), Office of Mangroves Conservation, Department of Marine and Coastal Resources, Satun 91100

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

*Corresponding author: E-mail: nattakarnda.d@ku.th

คำนำ

ป่าชายเลนมีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อระบบนิเวศบริเวณชายฝั่งของป่าเขตร้อน ซึ่งเป็นป่าที่เกิดบริเวณแนวเชื่อมต่อระหว่างระบบนิเวศบนบกกับระบบนิเวศทางน้ำ จึงมีลักษณะที่แตกต่างไปจากป่าบกประเภทอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะลักษณะโครงสร้างป่าและระบบนิเวศป่าชายเลน ป่าชายเลนมีการกระจายทั่วไปตามบริเวณที่มีน้ำทะเลท่วมถึงผสมรวมกับน้ำจืดกลายเป็นน้ำกร่อย (brackish water) มีช่วงเวลาน้ำขึ้นสูงสุดและลงต่ำสุดชัดเจนรวมถึงปัจจัยด้านภูมิประเทศชายฝั่งทะเลที่มีความแตกต่างระหว่างพื้นที่จึงทำให้โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืชป่าชายเลนมีความแตกต่างกัน (สนิท, 2532)

ป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงช่วยรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม ป้องกันการกัดเซาะพังทลายของดิน บริเวณชายฝั่งทะเล ช่วยลดความรุนแรงของลมและความเร็วจากกระแสน้ำ เป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำที่สำคัญ เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอน เนื่องจากไม้ในป่าชายเลนมีอัตราการสังเคราะห์สูง สามารถช่วยลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Hongxiao *et al.*, 2013) นอกจากนี้ป่าชายเลนยังเป็นแหล่งพลังงาน แหล่งวัตถุดิบไม้ใช้สอยก่อสร้างในครัวเรือน และเป็นแหล่งพืชผักสมุนไพร รวมถึงเป็นแหล่งยังชีพและสร้างรายได้ของประชาชนในพื้นที่ที่ประกอบอาชีพการทำประมงขนาดเล็กและการเพาะเลี้ยงสัตว์ชายฝั่งอีกด้วย แต่ในปัจจุบันนี้พื้นที่ป่าชายเลนจำนวนมากถูกทำลายจากการบุกรุกเข้าไปลักลอบตัดไม้ กิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้รับอนุญาต เช่น การสร้างท่าเทียบเรือ การสร้างแหล่งชุมชน การ

ก่อสร้างสาธารณูปโภค และการจัดเป็นพื้นที่ท่องเที่ยวชายทะเล เป็นต้น การลดลงของพื้นที่ป่าชายเลนส่งผลกระทบต่อปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในปัจจุบันเนื่องจากขาดต้นไม้ช่วยในการยึดดินและส่งผลกระทบต่อสังคมและเศรษฐกิจของประเทศเป็นอย่างมาก เนื่องจากผลผลิตขั้นปฐมภูมิในรูปมวลชีวภาพพืชและกำลังผลิตไม้เพื่อใช้ประโยชน์หรือปริมาณสัตว์น้ำที่จับได้มีปริมาณลดน้อยลง (ชัยญรัตน์ และมนัสวัฒน์, 2559)

สำหรับป่าชายเลนของศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่6 (สตูล) ในอดีต ระหว่างปี พ.ศ. 2529 -2538 เคยเป็นป่าชายเลนที่มีการอนุญาตให้ทำสัมปทาน ทำให้โครงสร้างป่าถูกรบกวนและเสื่อมสภาพลงเป็นอย่างมาก เมื่อยกเลิกสัมปทานป่าไม้ในปีพ.ศ. 2539 แล้วจึงปล่อยให้ฟื้นฟูหรือมีการทดแทนตามธรรมชาติ มีระยะเวลาประมาณเกือบ 20 ปี สังคมพืชมีการเปลี่ยนแปลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ดังนั้น การวางแผนสำรวจสำหรับวิจัยนิเวศระยะยาว (long-term ecological research) จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมากเพื่อช่วยในการติดตาม (monitoring) การเปลี่ยนแปลงด้านพลวัตของป่าชายเลน อย่างไรก็ตามการศึกษานิเวศระยะยาวของป่าชายเลนยังมีการศึกษาไม่มากนัก จึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องศึกษาพลวัตของป่าชายเลน เพื่อให้ทราบถึงข้อมูลเชิงปริมาณด้านนิเวศวิทยาป่าชายเลนภายหลังการฟื้นตัวตามธรรมชาติ เนื่องจากเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญที่ใช้สำหรับการฟื้นฟูป่าชายเลนในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศ ให้กลับมาสู่สภาพเดิมในอนาคต และใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ รวมถึงการใช้ทรัพยากรป่าชายเลนทั้งทางตรงและ

ทางอ้อมให้เกิดความยั่งยืน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ป่าชายเลน และติดตามพลวัตป่าชายเลน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงของการกักเก็บคาร์บอน เมื่อประเมินจากมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ภายหลังการทดแทนตามธรรมชาติของป่าชายเลน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) ตั้งอยู่ในพื้นที่ตำบลตำมะลัง อำเภอเมือง จังหวัดสตูล ซึ่งอยู่ใต้สุดของประเทศไทย ด้านฝั่งมหาสมุทรอินเดีย พื้นมีลักษณะลาดเอียงลงสู่ทะเล มีพื้นที่ราบ ขนานไปกับชายฝั่งทะเล และถัดลงไปเป็นป่าชายเลนมีพื้นที่จำนวน 118,452.21 ไร่ (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2555) สภาพอากาศแบบร้อนชื้น มี 2 ฤดูกาล คือ ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม – เมษายน และฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 28.28 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี 2,279.7 มิลลิเมตร และความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปีร้อยละ 80

การเก็บข้อมูล

1. ในปี พ.ศ. 2556 ดำเนินการสร้างแปลงตัวอย่างถาวร (permanent plot) ขนาด 1 เฮกตาร์ (20 m x 500 m) ในแนวตั้งฉากกับชายฝั่ง บริเวณป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลน 6 (สตูล) (Figure 1) จากนั้นทำการแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร รวมทั้งหมด 100 แปลงย่อย

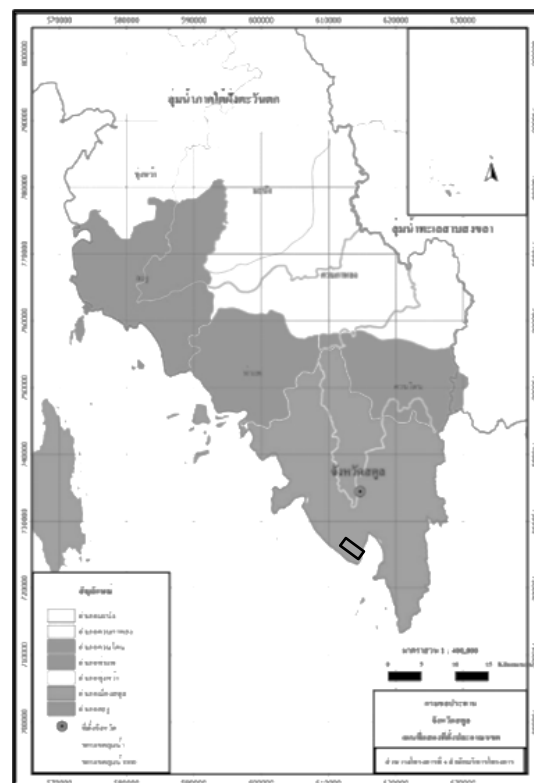


Figure 1 Study area and a permanent plot (□) of 20 m x 500 m at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

2. สำนวณชนิดไม้ในแปลงถาวร ด้วยการติดเบอร์ต้นไม้ทุกต้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (diameter at breast height, DBH) ตั้งแต่ 4.50 เซนติเมตร ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตรจากผิวดิน หรือระดับความสูง 20 เซนติเมตร เนื้อคอรากสำหรับชนิดไม้ที่มีรากค้ำยัน วัดความสูงทั้งหมดของต้นไม้โดยใช้เสาวัดความสูงซึ่งทำด้วยท่อ PVC ความยาว 6 เมตร และระบุชนิดที่พบทั้งหมดในแปลงสำรว รวมถึงทำการเก็บตัวอย่างชนิดไม้ที่ไม่สามารถระบุชนิดได้เพื่อมาเปรียบเทียบกับชนิดไม้ที่ระบุชนิดแล้วของ หอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช

3. ทำการติดตาม (monitoring) ข้อมูลพรรณไม้ในแปลงถาวรทุก ๆ 2 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2562 ในช่วงต้นฤดูฝน (ระหว่างเดือนพฤษภาคม - สิงหาคม) โดยบันทึกชนิดที่เพิ่มจำนวนเข้ามาใหม่และต้นเดิมที่ตาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ดัชนีค่าความสำคัญ (importance value index, IVI) ซึ่งเป็นค่าที่ให้เห็นถึงการแสดงออกของพืชชนิดใดชนิดหนึ่งในการครอบครองพื้นที่นั้น โดยอ้างอิงการคำนวณตาม Marod and Kutintara (2009) ซึ่ง IVI เป็นค่าที่ได้จากการรวมค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density, RD) และความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance, RDo) เข้าด้วยกัน หรือ $IVI = RF + RD + RDo$

2. ดัชนีความหลากหลาย (diversity index) โดยใช้สมการ Shannon- Wiener index (H') (Shannon and Weaver, 1949) คำนวณได้ดังนี้

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

เมื่อ H' = ค่าดัชนีความหลากหลาย

P_i = สัดส่วนของจำนวนชนิดที่ i (n_i) ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดในสังคม (N) เมื่อ $i = 1, 2, 3, \dots, s$
 S = จำนวนชนิดไม้ทั้งหมดในพื้นที่

3. อัตราการเพิ่มจำนวน (recruitment rate) และอัตราการตาย (mortality rate) ตามสูตร Sherman et al. (2012) ดังนี้

$$\text{Mortality rate} = \frac{100 \times (\ln(N_0) - \ln(N_s))}{t}$$

$$\text{Recruitment rate} = \frac{100 \times (\ln(N_t) - \ln(N_s))}{t}$$

เมื่อ N_0 = จำนวนต้นไม้เมื่อเริ่มทำการศึกษา (t_0)

N_s = จำนวนต้นไม้ที่รอดตามในช่วงเวลาทำการติดตาม (t)

N_t = จำนวนต้นไม้ทั้งหมดเมื่อเวลาติดตาม (t)

t = ช่วงเวลาในการติดตาม

นำอัตราการเพิ่มจำนวนและอัตราการตายของไม้แต่ละชนิด มาสร้างกราฟเพื่อพิจารณาการตั้งตัวของชนิดไม้ในป่าชายหาดที่มีการทดแทนตามธรรมชาติ ในช่วงระยะเวลา 6 ปี

4. ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน ใช้การคำนวณตามสมการ Allometric ของ Komiyama et al. (1987) ดังนี้

$$W_s = 0.04490(D^2H)^{0.9549}$$

$$W_b = 0.02412(D^2H)^{0.8649}$$

$$W_l = 0.09422(D^2H)^{0.5439}$$

$$W_T = W_s + W_b + W_l$$

เมื่อ W_T = มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (กิโลกรัม)

W_s = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_l = มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

D = เส้นผ่านศูนย์กลางกิ่งกึ่งอก (เซนติเมตร)

H = ความสูง (เมตร)

5. ปริมาณคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้ ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีการแปรผันระหว่างชนิดพรรณไม้มากนัก ซึ่ง IPCC (2006) กำหนดให้ค่า default value ของปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ

มีค่าร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง สามารถหาปริมาณคาร์บอนได้ดังนี้

$$C = W_T (0.47)$$

เมื่อ C = ปริมาณคาร์บอน (ตันคาร์บอน)

W_T = มวลชีวภาพ (กิโลกรัม)

ผลการศึกษา

1. โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้

ผลการศึกษาโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ในแปลงตัวอย่างถาวรป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) ในปี พ.ศ. 2562 พบจำนวนต้นไม้ทั้งหมด 1,016 ต้น และมีพื้นที่หน้าตัดต้นไม้มากกว่า 27.35 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ จำแนกได้ 11 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ โดยวงศ์โกกง (Rhizophoraceae) มีจำนวนชนิดมากที่สุดถึง 7 ชนิด รองลงมาคือ วงศ์เลี่ยน (Meliaceae) มีจำนวน 2 ชนิด วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และ วงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) มีวงศ์ละ 1 ชนิดเท่ากัน (Figure 2) ขณะที่ความหนาแน่นของต้นไม้ในแปลงยังพบว่ามีวงศ์โกกง (Rhizophoraceae) มีความหนาแน่นสูงสุด เท่ากับ 843 ต้นต่อเฮกเตอร์ รองลงมาคือ วงศ์เลี่ยน (Meliaceae) วงศ์ตะแบก (Lythraceae) และวงศ์เหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) มีค่าเท่ากับ 142, 22 และ 9 ต้นต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ (Figure 3) พรรณไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากดัชนีค่าความสำคัญ (IVI) พบว่า โกกงใบเล็ก

(*Rhizophora apiculata*) เป็นชนิดที่มีดัชนีค่าความสำคัญ สูงที่สุด (146.17 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorhiza*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) และ ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) มีดัชนีค่าความสำคัญอยู่ระหว่าง 35-45 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ มีค่าดัชนีความสำคัญน้อยกว่าร้อยละ 25 ด้านความหลากหลายของพรรณไม้ป่าชายเลนในภาพรวมมีค่าดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener เท่ากับ 1.39 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ พรรณไม้ที่พบภายหลังการทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ศึกษานี้ถือได้ว่าเป็นชนิดไม้ป่าชายเลนที่แท้จริงทั้งหมด (true mangrove) สอดคล้องกับรายงานของ สราวุธ และรุ่งสุริยา (2554) อย่างไรก็ตาม ความหลากหลายของพรรณไม้ป่าชายเลนที่พบมีค่าน้อยกว่าความหลากหลายของพรรณไม้ป่าชายเลนที่มีการรายงานในประเทศไทยเป็นอย่างมาก (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552) อาจเนื่องจากการเป็นป่าชายเลนที่อยู่ระหว่างการทดแทนในระยะเวลาไม่มาก (ประมาณ 25 ปี) ประกอบกับปัจจัยแวดล้อมอาจไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของชนิดไม้อื่น ๆ จึงทำให้พบความหลากหลายค่อนข้างน้อย ขณะที่ลักษณะทางด้านจำนวนชนิดและความหนาแน่นของวงศ์เด่นส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ในวงศ์โกกง (Rhizophoraceae) สอดคล้องกับ รายงานของ อรณิชาและวิพัทธ์ (2556) ที่ได้ทำการศึกษาสังคมพืชป่าชายเลนบ้านสามช่องใต้ จังหวัดพังงา

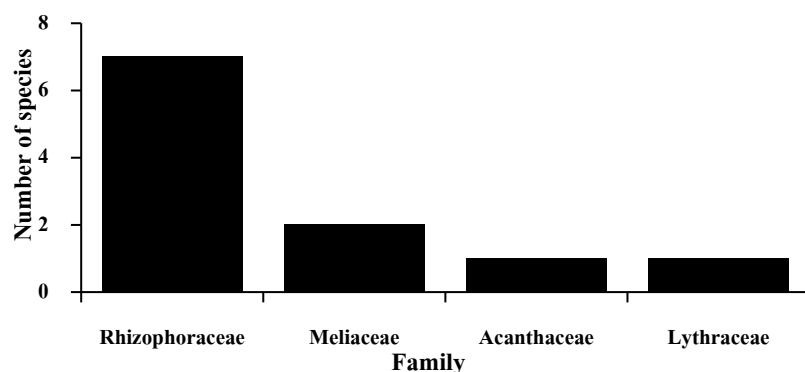


Figure 2 Number of plant species in each family of mangrove forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

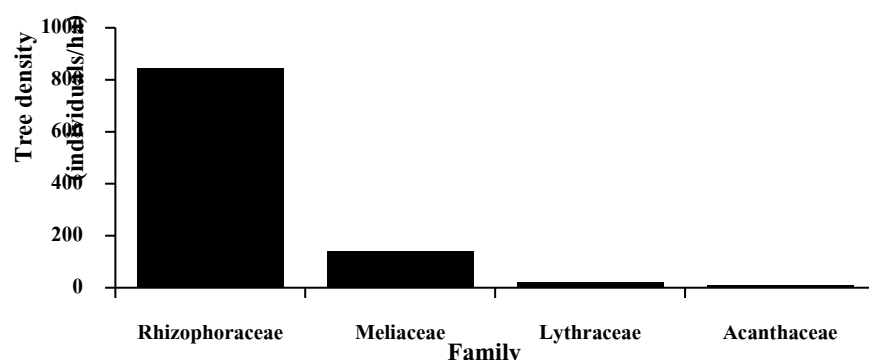


Figure 3 Tree density in each family of mangrove forest at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

2. พลวัตป่าชายเลน

พบว่าพื้นที่หน้าตัดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามการเพิ่มเข้ามาใหม่มากกว่าการสูญเสียพื้นที่หน้าตัด โดยเฉพาะในช่วง 4 ปีแรกที่มีการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดประมาณ 2 เท่าของการสูญเสีย แต่ในช่วง 4 ปีหลัง (ค.ศ. 2013 – 2017 หรือ พ.ศ. 2556 - 2563) พื้นที่หน้าตัดเริ่มลดลงเล็กน้อย (27.87 และ 27.35 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์) เมื่อพิจารณาในภาพรวมช่วงระยะเวลา 6 ปี มีพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 27.06 ± 0.29 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ (Table 1) ขณะที่ความหนาแน่นต้นไม้มีแนวโน้มลดลงทุกช่วงเวลาที่ทำการศึกษาติดตามสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงด้านอัตราการตาย (mortality rate) ที่มีค่าสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวน

(recruitment rate) ประมาณ 5- 6 เท่าตัว ในทุกช่วงเวลา (Table 1) โดยอัตราการตายและอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ยในช่วง 6 ปี เท่ากับ 5.66 ± 0.69 และ 0.13 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ ในขณะที่การเปลี่ยนแปลงด้านความหลากหลายชนิดนั้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการศึกษา

ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเพิ่มจำนวนและอัตราการตายของชนิดไม้ในสังคมพืชป่าชายเลนพื้นฟู พบว่ามีความแปรผันตามช่วงเวลาและชนิดไม้ โดยถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) เป็นชนิดไม้ที่มีอัตราการตายสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 50.48 เปอร์เซ็นต์ต่อปี รองลงมา คือ แสมดำ (*Avicennia officinalis*) และตะบูนขาว

(*Xylocarpus granatum*) มีค่าเท่ากับ 21.65 และ 18.31 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ตามลำดับ (Figure 4 A) ส่วนชนิดไม้ที่มีอัตราการตายน้อยกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ได้แก่ โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora muconata*) ถ้ำพูทะเล (*Sonneratia*

alba) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) โปรงแดง (*Ceriops tagol*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) และ ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) (Figure 4 B)

Table 1 The mangrove forest dynamics during 2013 - 2019 at mangrove forest Resources Research Center 6 (Satun): mean $\pm$ standard deviation.

	2556	2558	2560	2562	2556-2562
BA(m².ha⁻¹)	25.44	27.56	27.87	27.35	27.06 $\pm$ 0.29
Loss(m ² .ha ⁻¹)		2.05	1.79	2.45	5.72
Gain (m ² .ha ⁻¹)		4.18	2.09	1.94	7.64
Density (ind.ha⁻¹)	1416	1278	1155	1016	
Recruitment (%.yr ⁻¹)		0.39	0.00	0.00	0.13 $\pm$ 0.22
Mortality (%.yr ⁻¹)		5.52	5.06	6.41	5.66 $\pm$ 0.69
Species number	11	11	11	11	
Biomass (ton.ha⁻¹)	239.81	263.55	317.02	292.21	

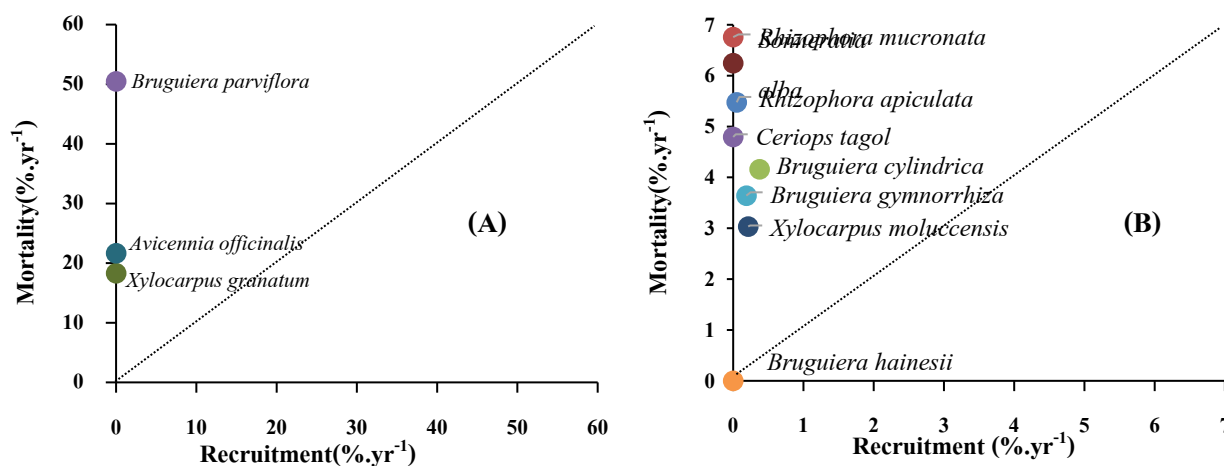


Figure 4 The relationships between recruitment and mortality rate during the 6-year period (2013-2019) which divided into two classes; above 15 % (A) and below 15 % (B), respectively.

การที่พบชนิดไม้ถั่วดำ ถั่วขาวและตะบูนดำ มีอัตราการตายสูงมากนั้นอาจเนื่องจากในระยะแรก

พื้นที่เปิดโล่งและอิทธิพลการท่วมถึงของน้ำทะเลค่อนข้างน้อย ชนิดไม้ทั้งสามชนิดนี้เป็นพืชที่

ขึ้นอยู่ในบริเวณดินเลนแข็ง และระดับค่อนข้างสูง มีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นบางครั้งคราวจึงเข้ามาตั้งตัวและมีความหนาแน่นสูงมากในช่วงแรกของการทดแทน ส่งผลต่อการแก่งแย่งอาหารหรือมีปัจจัยที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เหมาะสมต่อการตั้งตัวของชนิดไม้โดยเฉพาะอิทธิพลของน้ำขึ้น-น้ำลงที่เกิดบ่อยครั้งมากขึ้น(สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552) จนทำให้เกิดการตายสูงมากระหว่าง 15 -50 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

3. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอน

ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าชายเลนทดแทนตามธรรมชาติ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 4 ปีแรกและลดลงในช่วงเวลาต่อมา (Table 2) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 278.14 ± 33.62 ตันต่อเฮกตาร์ สอดคล้องกับการเพิ่มมวลชีวภาพของชนิดไม้ที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2562 (ค.ศ. 2019) โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินทั้งหมดสูงที่สุด เท่ากับ 189.22 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ ลำพูทะเล (*Sonneratia alba*) ตะบูนดำ (*Xylocarpus moluccensis*) ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*) พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza*) แสมดำ (*Avicennia officinalis*) พังกา-ถั่วขาว (*Bruguiera hainesii*) ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum*) โปรงแดง (*Ceriops tagal*) ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) และโกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata*) ตามลำดับ

ปริมาณมวลเหนือพื้นดินในป่าชายเลนทดแทนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 มีปริมาณสูงกว่ารายงานการศึกษาในพื้นที่ป่าชาย

เลนอื่น ๆ ของประเทศไทย ที่พบมีค่าอยู่ระหว่าง 113.70 และ 108 ตันต่อเฮกตาร์ (นราธัน, 2555; ปฎิมาพร, 2545) แสดงให้เห็นว่า การเติบโตของพรรณพืชป่าชายเลนทดแทนในพื้นที่ศึกษาครั้งนี้มีการเติบโตที่ดีมาก โดยเฉพาะ โกงกางใบเล็ก และแสมดำซึ่งเป็นพรรณไม้เด่นในช่วงระยะการทดแทนพืชป่าชายเลน ดังนั้น การคัดเลือกชนิดไม้ โกงกางใบเล็กและลำพูทะเลเพื่อการฟื้นฟูป่าชายเลนอาจช่วยให้การฟื้นสภาพสิ่งแวดล้อมและการคืนกลับสู่สภาพป่าชายเลนดั้งเดิมเป็นไปได้ อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

การกักเก็บคาร์บอนของไม้ป่าชายเลนมีความสอดคล้องกับปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน โดยมีการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 130.73 ± 15.83 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ เมื่อพิจารณาการกักเก็บคาร์บอนในระดับชนิดไม้ พบว่าโกงกางใบเล็ก มีการกักเก็บคาร์บอนสูงสุด เท่ากับ 88.93 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ ลำพูทะเล ตะบูนดำ ถั่วขาว พังกาหัวสุมดอกแดง แสมดำ ถั่วขาว โปรงแดง ตะบูนขาว ถั่วดำ และโกงกางใบใหญ่ ตามลำดับ (Table 3) การกักเก็บคาร์บอนมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับพลวัตป่าชายเลนโดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดและองค์ประกอบของพรรณไม้ จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนของ ภาณุ และคณะ (2558) ในป่าชายเลน อำเภอมือง จังหวัดชลบุรี พบว่ามีค่าน้อยกว่าการศึกษาในครั้งนี้ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนกับป่าธรรมชาติอื่น ๆ จากรายงานของ สาทิส (2550) พบว่าป่าเกือบทุกประเภทมีการกักเก็บคาร์บอนน้อยกว่าป่าชายเลนที่ทำการศึกษาในครั้งนี้เป็นอย่างมาก

Table 2 Above ground biomass of mangrove tree species during 2013 – 2019 at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

Species	Above ground biomass (ton.ha ⁻¹)			
	2013	2015	2017	2019
<i>Rhizophora apiculata</i>	136.41	157.42	174.46	189.22
<i>Sonneratia alba</i>	34.91	37.42	75.03	41.99
<i>Xylocarpus moluccensis</i>	18.49	19.33	21.03	21.04
<i>Bruguiera cylindrica</i>	16.32	18.53	19.58	19.98
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	12.75	14.08	14.97	14.58
<i>Avicennia officinalis</i>	6.57	5.89	5.54	3.98
<i>Bruguiera hainesii</i>	0.28	0.34	0.43	0.46
<i>Xylocarpus granatum</i>	0.28	0.32	0.37	0.27
<i>Ceriops tagal</i>	0.27	0.23	0.25	0.26
<i>Bruguiera parviflora</i>	13.41	9.81	5.13	0.23
<i>Rhizophora mucronata</i>	0.13	0.17	0.23	0.22
Total	239.81	263.55	317.02	292.21

Table 3 Carbon sequestration of mangrove tree species during 2013 – 2019 at Mangrove Forest Resources Research Center 6 (Satun).

Species	Carbon sequestration (tonC.ha ⁻¹)			
	2013	2015	2017	2019
<i>Rhizophora apiculata</i>	64.11	73.99	81.99	88.93
<i>Sonneratia alba</i>	16.41	17.59	35.26	19.73
<i>Xylocarpus moluccensis</i>	8.69	9.09	9.88	9.89
<i>Bruguiera cylindrica</i>	7.67	8.71	9.20	9.39
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	5.99	6.62	7.04	6.85
<i>Avicennia officinalis</i>	3.09	2.77	2.60	1.87
<i>Bruguiera hainesii</i>	0.13	0.16	0.20	0.22
<i>Xylocarpus granatum</i>	0.12	0.11	0.12	0.13
<i>Ceriops tagal</i>	0.13	0.15	0.17	0.12
<i>Bruguiera parviflora</i>	6.30	4.61	2.41	0.11
<i>Rhizophora mucronata</i>	0.06	0.08	0.11	0.10
Total	112.71	123.87	149.00	137.34

แสดงให้เห็นว่า ป่าชายเลนถือได้ว่าเป็นป่าที่มีการกักเก็บคาร์บอนได้ดีมาก ดังนั้น หากมีการฟื้นฟูป่าชายเลนได้เพิ่มมากขึ้นก็เป็นการเพิ่มการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ จากบรรยากาศทำให้สามารถลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศได้ (ภานุ และคณะ, 2558)

สรุป

1. โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้

โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 มีพรรณไม้ทั้งหมด 11 ชนิด 6 สกุล 4 วงศ์ มีความหนาแน่นรวมและพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 1,016 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 27.35 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ โดยวงศ์โกงกาง (Rhizophoraceae) เป็นวงศ์ที่มีชนิดและความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่มากที่สุด ชนิดไม้โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) มีความหนาแน่นมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าโกงกางใบเล็กมีการสืบต่อพันธุ์ที่ดีเมื่อเทียบกับชนิดไม้ป่าชายเลนอื่น ๆ ในพื้นที่

2. พลวัตป่าชายเลน

พลวัตป่าชายเลนมีความผันแปรไปตามช่วงเวลาและชนิดพืช ความหนาแน่นของต้นไม้ในป่าชายเลนมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากอัตราการตายสุทธิ (net mortality rate) มีค่าสูงกว่าอัตราการเพิ่มจำนวนสุทธิ (net recruitment rate) อย่างไรก็ตามก็มีความผันผวนระหว่างค่าดังกล่าว โดยเฉพาะในช่วง 2 ปีแรก ชนิดไม้ที่มีอัตราการตายเฉลี่ยสูงสุด คือ ถั่วดำ (*Bruguiera parviflora*) แสดงให้เห็นว่าถั่วดำมีการสืบต่อพันธุ์ที่ไม่ดีนัก

ในพื้นที่ ขณะที่ชนิดไม้ที่มีอัตราการเพิ่มจำนวนเฉลี่ยมากที่สุด คือ ถั่วขาว (*Bruguiera cylindrica*)

3. มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและการกักเก็บคาร์บอน

มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนแปรผันไปตามช่วงเวลาและแตกต่างกันในแต่ละชนิด โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata*) เป็นชนิดที่มีมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด

โครงสร้างและพลวัตป่าชายเลนศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) มีการแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ไม่ค่อยเหมาะสมเนื่องจากอัตราการตายสูงขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลให้ความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ในพื้นที่มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง และตลอดระยะเวลา 6 ปี อัตราการเพิ่มจำนวนเข้ามาในพื้นที่น้อยมาก อาจเนื่องจากปัจจัยแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการสืบต่อพันธุ์และการตั้งตัวของกล้าไม้ ดังนั้น ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมที่จำกัดในพื้นที่ร่วมด้วย เพื่อหาแนวทางจัดการและฟื้นฟูที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ศึกษา

เอกสารอ้างอิง

- Aksornkoae, S. 1989. **Mangroves: Ecology and management.** Faculty of Forestry. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Bunyavejchevin, S and R. Buasalee. 2011. **Mangroves: Ecology and plant.** Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

- Diloksomphan, S. 2007. Forest carbon sequestration and global warming. **Thai Journal of Soil and Water Conservation** 22 (3): 40-49. (in Thai)
- Hongxiao, L., R. Hai, H. Dafeng, W. Wenqing, L. Baowen, and C. Qingxian. 2013. Carbon stocks and potential carbon storage in the mangrove forests of China. **Journal of Environmental Management**. 133: 86-93
- IPCC. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.
- Komiyama A., K. Ogino, S. Aksornkoae and S. Sabhasri. 1987. Root biomass of a mangrove forest in southern Thailand. I. Estimation by the trench method and the zonal structure of root biomass. **Journal of Tropical Ecology** 3: 97-108.
- Marod, D and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok, Thailand: department of Forest Biology. Faculty of Forestry, Kasetsart University, (In Thai)
- Nueangjamnong, P., K. Nakapakorn and S. Kanchanasuntorn. 2015. Estimation of above ground carbon stock of mangrove species using worldview-2 imagery at Mueang district, Chonburi province, Thailand. pp. 137-145. **In Proceedings and national research of the 2th of "Create and develop to advance into the ASEAN community**. Nakhon Ratchasima College, Nakhon Ratchasima Province. (in Thai)
- Office of Mangroves Conservation. 2008. **Biodiversity in mangrove forests in the Gulf of Thailand and the lower Andaman**. Department of Marine and Coastal Resources, Bangkok. (in Thai)
- Office of Mangroves Conservation. 2009. **Mangrove plants in Thailand**. Department of Marine and Coastal Resources, Bangkok. (in Thai)
- Pattanasing, N. 2012. **Biomass Production, Litterfall and Litter Decomposition Prednai Community Mangrove Forest of Trat Province**. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Prathip. N.T., and V. Jintana. 2013. Wood utilization and productivity of mangrove forest at Sam Chong Tai village, Phang-nga province. **Journal of Forest Management (Thailand)** 7 (14): 1-11. (in Thai)
- Phongsuksawat, P. 2002. **Determination of Tree Biomass in the Mangrove Habitat Study Area, Changwat Phangnga**. M.S. Thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Rattanakhoch, T. and S. Phatthumrong. 2016. Community structure and current status of mangrove at Tambon Rattaphum in Songkhla, Province. **In Proceedings of the 6th National and International Graduate Study Conference**. 11-12 July, 2016. The Graduate School, Silpakorn University. (in Thai)
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication**. University of Illinois Press; Illinois, USA.
- Sherman R.E., T.J Fahey, P.H. Martin, J.J. Battles. 2012. Patterns of growth, recruitment, mortality and biomass across an altitudinal gradient in a neotropical montane forest, Dominican Republic. **Journal of Tropical Ecology** 28 (5): 483-95

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความแตกต่างของการให้บริการทางนิเวศด้านการให้น้ำจากกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่ต่างกัน
บริเวณลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่

อรกานต์ เกษรบัว^{1*} วินัส ต่วนเครือ² และ ยุทธพงษ์ กิริมังคละ²

รับต้นฉบับ: 23 เมษายน 2564

ฉบับแก้ไข: 3 มิถุนายน 2564

รับลงพิมพ์: 7 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

บริการของระบบนิเวศลุ่มน้ำด้านการให้น้ำ เป็นดัชนีที่สามารถบอกถึงผลของการฟื้นฟูระบบนิเวศด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบบริการด้านการให้น้ำจากกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่ต่างกันของลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่ ได้แก่ 1) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน 2) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำ 3) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบชลประทาน และ 4) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก โดยวิเคราะห์ปริมาณน้ำท่า วันที่ปริมาณน้ำสะสมตามที่กำหนด (Flow date) และช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร (Flow interval) ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2560 เป็นดัชนี ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี และรายฤดูกาล มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณน้ำท่ารายปี และในช่วงน้ำหลากของกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝนมีปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 226.67, 224.86 มิลลิเมตร และในช่วงแล้งฝน กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีปริมาณมากที่สุด เท่ากับ 11.52 มิลลิเมตร โดยวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 25, 50 และ 75 ในช่วงน้ำหลาก และร้อยละ 95 และ 99 ในช่วงแล้งฝน พบว่า กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก มีวันที่ปริมาณน้ำสะสมมากที่สุดซึ่งแสดงว่าใช้เวลานานที่สุดในการสะสมน้ำท่า สอดคล้องกับช่วงเวลาการไหลของปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 25 และร้อยละ 50 ในช่วงน้ำหลาก และร้อยละ 5 และร้อยละ 1 สุดท้าย ในช่วงแล้งฝน ซึ่งพบว่า ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาสั้นที่สุด แสดงว่ามีน้ำไหลในลำธารยาวนานที่สุดให้บริการดีที่สุดในทุกดัชนี ผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการเลือกกิจกรรมที่ใช้ในการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่ต้องการให้บริการด้านการให้น้ำเป็นดัชนีสำคัญ และเป็นฐานข้อมูลในการจัดการทรัพยากรน้ำ และแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในช่วงฤดูฝน และการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้งของลุ่มน้ำ

คำสำคัญ: บริการทางนิเวศ การให้น้ำ การฟื้นฟูป่าไม้

¹บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: oragan.k@ku.th

ORIGINAL ARTICLE

**The Different of Hydrological Services from Forest Development Activities
at Huai Hong Khrai Watershed, Chiang Mai Province**

Oragan Kasonbua^{1*}, Venus Tuankruea² and Yutthaphong Kheereemangkla²

Received: 23 April 2021

Revised: 3 June 2021

Accepted: 7 June 2021

ABSTRACT

Hydrological services of watershed ecosystem are the one index which could be indicated effects of forest restoration in different activities from the past to present. This research aimed to clarify and compare the hydrological services of watershed ecosystem from different forest development activities of Huai Hong Khrai Watershed, Chiang Mai province. Four different development activity sites were selected; 1) rainwater forest development, 2) check dam forest development, 3) irrigation forest development and 4) reservoir and check dam forest development. The analysis indices of average runoff, flow date and flow interval were analyzed during 2011-2017.

The result showed that average annual runoff and wet-dry period runoff were non-significant ($p < 0.05$). These indices were highest at rainwater forest development site, however, during the dry period the runoff at reservoir and check dam forest development site had highest amount. Flow date at 25%, 50%, 75% were found in wet period, while, flow date at 95% and 99% were found in dry period. In addition, the highest value was found at reservoir and check dam forest development site. Indicating the reservoir and check dam forest development activity site had spent long time for runoff accumulation. In accordance with flow interval had the short period of last 5 % and 1 % runoff during lack of rainfall. Indicating that the reservoir and check dam forest development activity is good hydrological services. The results of this study can be used as a guideline for selecting forest restoration activities that require hydrological services as a key index. It can be a database for water resource management for solving flood in rainy season and lack of water in dry season problems.

Keyword: hydrological services, forest restoration

¹Graduate School, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900

* **Corresponding author:** E-mail: oragan.k@ku.th

คำนำ

ระบบนิเวศป่าไม้มีบทบาทต่อปริมาณน้ำในลำธาร โดยป่าต้นน้ำที่สามารถให้น้ำต่อพื้นที่ตอนล่างได้ตลอดทั้งปีทั้งนั้น ต้องปกคลุมด้วยป่าที่มีความหลากหลายของพืชพรรณ และมีซากพืชปกคลุมอยู่ซึ่งทำให้ดินมีความสามารถในการดูดซับน้ำสูง แล้วค่อย ๆ ปล่อยสู่ลำธาร ทำให้มีน้ำไหลตลอดปี (Chunkao, 1996) ในช่วงเวลาที่ผ่านมา ระบบนิเวศป่าไม้บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย ถูกทำลายจนมีสภาพที่เสื่อมโทรมลง โครงสร้างของระบบนิเวศมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธารถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และที่อยู่อาศัย ทำให้การทำงานบทบาท และหน้าที่ของระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปด้วย ส่งผลไปยังคุณภาพชีวิตของประชาชนที่พึ่งพาบริการจากระบบนิเวศลุ่มน้ำ ผลกระทบที่พบเห็นได้บ่อยครั้ง และมีความรุนแรงมากขึ้น เช่น การเกิดภัยแล้ง ไฟป่าในช่วงฤดูแล้ง อุทกภัยน้ำป่าไหลหลาก ดินถล่มในช่วงหน้าฝน เป็นต้น จากสภาพปัญหาดังกล่าว การอนุรักษ์และการฟื้นฟูระบบนิเวศที่มีความเสื่อมโทรม หรือป่าดั้งเดิมที่มีสภาพเสื่อมโทรม จึงเป็นแนวทางที่ถูกนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา โดยมุ่งเน้นฟื้นฟูให้ระบบนิเวศดั้งเดิมกลับมาอีกครั้ง ทั้งในด้านของผลผลิต โครงสร้างป่า และความหลากหลายทางชีวภาพเป็นหลักนั้น อาจจะต้องมีการใช้ระบบวนวัฒนในหลากหลายรูปแบบ และดำเนินการร่วมกันหลายวิธีเพื่อเร่งรัดให้มีการทดแทน หรือสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ เช่น การทำแนวกันไฟ และการปลูกป่าเสริม เป็นต้น (Poomviset, 2015)

พื้นที่ลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่มีการนำกิจกรรมต่าง ๆ มาใช้ในการพัฒนาและฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 จนได้รับการยอมรับและมีหน่วยงานต่าง ๆ นำไปใช้เป็นต้นแบบในการศึกษา พัฒนา และฟื้นฟูในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม มีกิจกรรมที่ใช้ในการพัฒนาป่าไม้ ได้แก่ 1) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน 2) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำ 3) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบชลประทาน และ 4) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก เพื่อให้ระบบนิเวศสามารถกลับมาทำหน้าที่และให้บริการทางนิเวศได้อย่างสมดุลและเกิดประโยชน์สูงสุด โดยการให้บริการของระบบนิเวศ เป็นประโยชน์ที่มนุษย์ได้จากระบบนิเวศที่เป็นต้นทุนทางธรรมชาติ เอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตในรูปแบบต่าง ๆ เช่น น้ำสะอาดในการอุปโภค บริโภค ไม้ใช้สอย การควบคุมภูมิอากาศ การป้องกันน้ำท่วม การก่อให้เกิดคุณค่าทางจิตใจ และเป็นแหล่งธาตุอาหาร เป็นต้น ซึ่ง Millennium Ecosystem Assessment (2005) ได้แบ่งบริการของระบบนิเวศออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ บริการด้านการเป็นแหล่งผลิต (Provisioning services) บริการด้านการควบคุม (Regulating services) บริการด้านวัฒนธรรม (Cultural services) และ บริการด้านการสนับสนุน (Supporting services) ในด้านการเป็นแหล่งผลิต ระบบนิเวศป่าไม้ หรือป่าต้นน้ำนับว่ามีศักยภาพในการเอื้ออำนวยประโยชน์ต่อชุมชนหลากหลายประเภท โดยเฉพาะการเป็นแหล่งน้ำ (Everard and Waters, 2013) ทั้งนี้ในอดีตมีการศึกษาบริการด้านการให้น้ำ ทั้งในด้านปริมาณ และระยะเวลาการไหลของน้ำในลำธาร

แต่ยังขาดการศึกษาเชิงบูรณาการระหว่างกิจกรรมหรือรูปแบบการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ และลักษณะทางอุทกวิทยาอย่างเป็นระบบ ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบถึงสภาพภาพของการฟื้นฟูป่าต้นน้ำจากอดีตถึงปัจจุบันว่ามีความสำเร็จมากน้อยเพียงใดทางการบริการด้านการให้น้ำโดยการประเมินความแตกต่างของการฟื้นฟูป่าไม้ด้วยกิจกรรมที่แตกต่างกัน ทั้งในด้านปริมาณ และระยะเวลาการไหลของน้ำในลำธารเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการจัดการทรัพยากรน้ำและแก้ไขปัญหาการเกิดอุทกภัยในช่วงฤดูฝนและการขาดแคลนน้ำในช่วงฤดูแล้ง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำห้วยฮ้องไค้ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ 13.6 ตารางกิโลเมตร

ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 350-580 เมตร สภาพป่าโดยทั่วไปเป็นป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ ในการวิจัยครั้งนี้เลือกศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำตัวแทนที่มีกิจกรรมการฟื้นฟูป่าไม้ที่ต่างกัน ได้แก่ 1) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน (Rainwater) ขนาดพื้นที่ 0.09 ตารางกิโลเมตร 2) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำ (Check dam) ขนาดพื้นที่ 0.14 ตารางกิโลเมตร 3) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบชลประทาน (Irrigation) ซึ่งมีการปล่อยน้ำผ่านท่อน้ำจากสันเขา ผ่านคลองไส้ไก่ขนาดเล็ก ขนาดพื้นที่ 0.07 ตารางกิโลเมตร และ 4) กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก (Reservoir and Check dam) ขนาดพื้นที่ 0.68 ตารางกิโลเมตร (Figure 1) (Huai Hong khrai Royal Development Study Center, 2018)

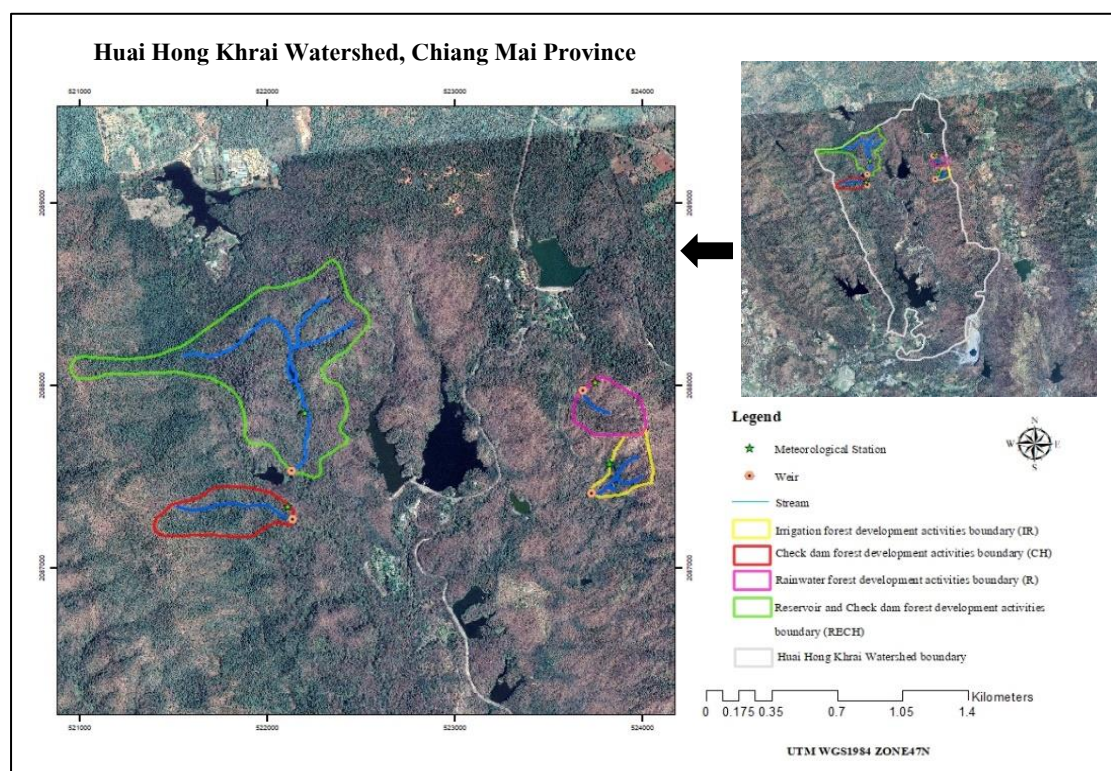


Figure 1 The location of study area at Huai Hong Khrai Watershed, Chiang Mai Province.

2. การเก็บข้อมูล

ทำการเก็บข้อมูลด้วยการรวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝน ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2560 และข้อมูลปริมาณน้ำท่าราย 10 นาที ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2561 จากสถานีตรวจวัดอากาศ และเขื่อนวัดน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่ต่างกันบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ช่วงน้ำหลาก (Wet period) และช่วงแล้งฝน (Dry period) โดยใช้สมมูลน้ำตามวิธีการของ Chorley (1971) และมีข้อกำหนดสำหรับช่วงแล้งฝน คือ ปริมาณฝนตกรายเดือนไม่เกิน 40 มิลลิเมตร ช่วงเวลาที่ฝนตกแต่ละเดือน ไม่เกิน 5 วัน และช่วงเวลาที่เส้นน้ำฝนกับอุณหภูมิตรงกัน โดยกราฟของอุณหภูมิอยู่สูงกว่าเส้นกราฟปริมาณน้ำฝน

3.2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน รายฤดูกาล รายปี และปริมาณน้ำท่า รายเดือน รายฤดูกาล และรายปี ระหว่างปี พ.ศ. 2554-2560 คำนวณโดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำท่าราย 10 นาที จากเขื่อนวัดน้ำแบบ 120° V-Notch Weir และ Digital record

3.3 วันที่ปริมาณน้ำท่าสะสม (Flow date; FD) ร้อยละ 25, 50, 75, 95 และ 99 และช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร (Flow interval; FI) ร้อยละ 25, 50, 5 สุดท้าย และ 1 สุดท้าย ที่น้ำจำนวนที่กำหนดไหลผ่านจุดตรวจวัด โดยมีหลักการว่า หากกลุ่มน้ำมีการควบคุมการหลากของน้ำท่าในลำธารให้ค่อย ๆ ไหล หรือมีการกักเก็บน้ำได้ดี จำนวนวันที่น้ำไหล (Flow date) ผ่านจุดตรวจวัด

ในช่วงต่าง ๆ จะมีระยะเวลายาวนาน และปริมาณน้ำในช่วงร้อยละ 5 และร้อยละ 1 สุดท้ายของน้ำท่าทั้งหมด จะมีระยะเวลาดันลง (Tangtham *et al.*, 1995) สำหรับการศึกษาครั้งนี้ใช้ข้อมูลน้ำเริ่มจากเดือนเมษายน 2554 ถึงเดือนมีนาคม 2561 โดยแบ่งข้อมูลตามช่วงเวลา คือ ช่วงน้ำหลาก (Wet period) และช่วงแล้งฝน (Dry period)

3.4 ทดสอบความแปรปรวนโดยใช้ One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำท่ารายฤดูกาล และรายปีของกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่ต่างกัน 4 รูปแบบ คือ 1) ระบบน้ำฝน 2) ระบบฝายต้นน้ำ 3) ระบบชลประทาน และ 4) ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ด้วยวิธี Tukey's test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p < 0.05$)

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณน้ำฝน

ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของพื้นที่ที่มีกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน ระบบฝายต้นน้ำ ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก มีปริมาณ 1,327.15, 1,238.26, 1,339.59 และ 1,304.01 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยปริมาณฝนมากในช่วงน้ำหลาก ในทุกพื้นที่ที่ประมาณร้อยละ 91.43 ถึงร้อยละ 94.82 ปริมาณฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคม ส่วนช่วงแล้งฝนมีปริมาณฝนน้อยมากในทุกพื้นที่ที่อยู่ระหว่างร้อยละ 5.18 ถึง 8.57 ซึ่งพบน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์

2. ปริมาณน้ำท่า

จากการวิเคราะห์ช่วงน้ำหลาก และช่วงแล้งฝน พบว่า ช่วงน้ำหลาก เริ่มตั้งแต่เดือน

พฤษภาคมถึงพฤศจิกายน ระยะเวลา 7 เดือน และช่วงแล้งฝน ตั้งแต่เดือนธันวาคมถึงเมษายน เป็นระยะเวลา 5 เดือน (Figure 2) พบว่า ปริมาณน้ำท่าของกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ทั้ง 4 รูปแบบ มีรายละเอียด ดังนี้

กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน มีปริมาณน้ำท่ารายปีเท่ากับ 226.67 มิลลิเมตร ในช่วงน้ำหลาก มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยเท่ากับ 224.86 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 97.73 ของปริมาณน้ำท่ารายปี และช่วงแล้งฝน มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 1.81 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.27 ของปริมาณน้ำท่ารายปี

กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำ มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 129.65 มิลลิเมตร ในช่วงน้ำหลาก มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 129.55 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 99.89 ของปริมาณน้ำท่ารายปี และช่วงแล้งฝน มีปริมาณ

น้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.10 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.11 ของปริมาณน้ำท่ารายปี

กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบชลประทาน มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 182.80 มิลลิเมตร ในช่วงน้ำหลาก มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 181.90 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 98.73 ของปริมาณน้ำท่ารายปี และช่วงแล้งฝน มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.89 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.27 ของปริมาณน้ำท่ารายปี

กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี 133.02 มิลลิเมตร ในช่วงน้ำหลาก มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 121.50 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 93.06 ของปริมาณน้ำท่ารายปี และช่วงแล้งฝน มีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย เท่ากับ 11.52 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.94 ของปริมาณน้ำท่ารายปี (Table 1)

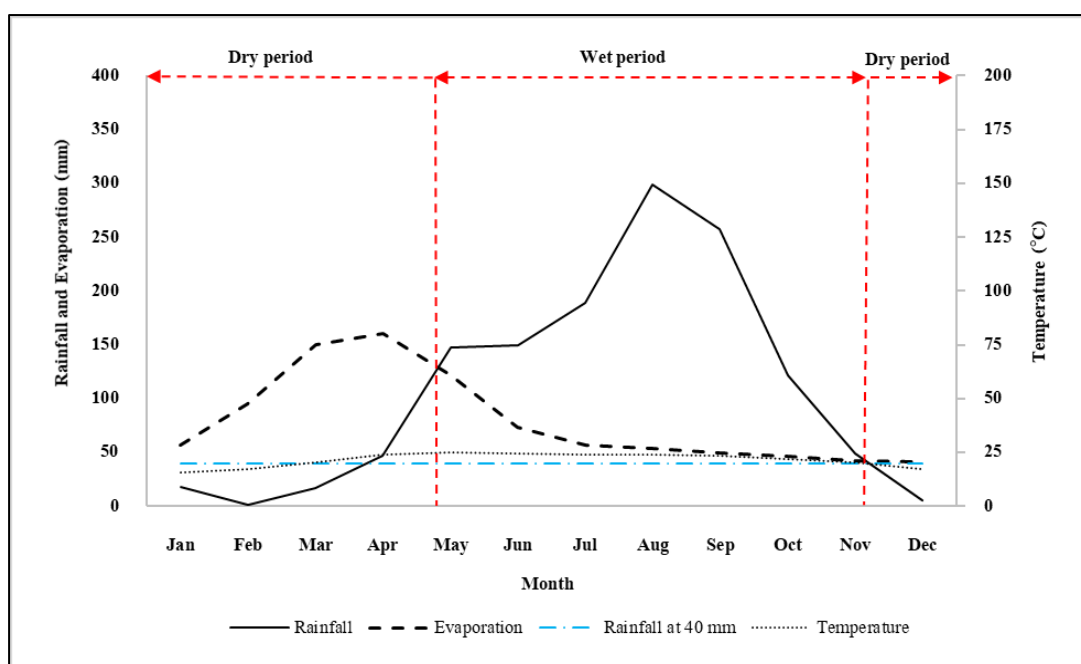


Figure 2 Wet and dry periods of the study area

Table 1 Average rainfall and runoff from different forest development activities during 2011 – 2017.

Month	R		CH		IR		RECH	
	Rainfall	Runoff	Rainfall	Runoff	Rainfall	Runoff	Rainfall	Runoff
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
January	9.44	0.00	19.51	0.00	21.41	0.00	20.57	0.10
February	1.16	0.00	1.03	0.00	2.67	0.00	2.54	0.00
March	8.66	0.00	14.09	0.00	25.30	0.00	19.11	0.00
April	42.62	0.00	42.51	0.00	57.36	0.02	45.77	0.00
May	152.04	0.64	137.63	6.12	153.33	8.73	147.36	3.18
June	171.56	1.45	126.23	0.41	152.79	4.88	146.41	1.59
July	190.63	15.21	176.62	2.82	198.06	5.57	190.86	2.73
August	308.27	62.00	293.43	38.38	292.39	38.59	302.83	27.98
September	258.59	58.38	261.55	39.03	252.26	54.20	257.17	30.31
October	120.63	75.78	125.30	29.49	123.01	62.08	116.80	32.34
November	56.70	11.40	36.52	13.30	53.01	7.86	49.49	23.37
December	6.86	1.81	3.84	0.10	8.00	0.87	5.10	11.42
Annual	1,327.15	226.67	1,238.26	129.65	1,339.59	182.80	1,304.01	133.02
% Runoff of annual rainfall	-	16.14	-	8.34	-	11.63	-	8.63
Wet period	1,258.41	224.86	1,157.28	129.55	1,224.84	181.90	1,210.91	121.50
% of annual	94.82	97.73	93.46	99.89	91.43	98.73	92.86	93.06
Dry period	68.74	1.81	80.98	0.10	114.74	0.89	93.10	11.52
% of annual	5.18	2.27	6.54	0.11	8.57	1.27	7.14	6.94

Remark: R = rainwater pattern, CH = check dam pattern, IR = irrigation pattern,

RECH = reservoir and check dam pattern.

กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน มีปริมาณน้ำท่ารายปีมากที่สุด รองลงมาคือ ระบบชลประทาน ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก และระบบฝายต้นน้ำ ตามลำดับ ในช่วงน้ำหลากสอดคล้องกับปริมาณน้ำท่ารายปี แตกต่างกัน ที่ระบบฝายต้นน้ำมีปริมาณน้ำท่ามากกว่าระบบ

ฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ในช่วงแล้งฝนระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีปริมาณน้ำท่ามากที่สุด รองลงมาคือระบบน้ำฝน ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกัน ตามลำดับ โดยสัดส่วนปริมาณน้ำท่ารายปีต่อปริมาณน้ำฝนรายปี ระบบ

น้ำฝนมีสัดส่วนมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 16.14 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ผลการศึกษา การให้น้ำในลำธารของป่าเต็งรัง (Watershed Conservation and Management Office, 2019) ในช่วงน้ำหลากมีสัดส่วนปริมาณน้ำท่าต่อน้ำท่ารายปีทุกกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 90 และในช่วงแล้งฝนมีสัดส่วนปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำท่ารายปีน้อยกว่าร้อยละ 10 มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาศักยภาพการให้น้ำท่าของป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนคร (Onarsa *et al.*, 2014) จะเห็นได้ว่าปริมาณน้ำท่าในช่วงแล้งฝนค่อนข้างต่ำ เนื่องจากพื้นที่ของกลุ่มน้ำมีขนาดเล็ก และมีความลาดชันสูง ลักษณะดินเป็นเนื้อหยาบ ดินมีช่องว่างขนาดใหญ่ทำให้อุ้มน้ำได้น้อย เมื่อฝนตกลงมาจะไหลลงสู่ลำธารอย่างรวดเร็ว ในช่วงน้ำหลาก จึงส่งผลให้เมื่อถึงช่วงแล้งฝน ปริมาณน้ำในลำธารค่อนข้างน้อย

สัดส่วนปริมาณน้ำท่ารายปีต่อปริมาณน้ำฝนรายปีในช่วงฤดูน้ำหลาก และช่วงแล้งฝนของทั้ง 4 กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ไม่ต่างกัน แต่พบว่าสัดส่วนของปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำท่ารายปีในช่วงแล้งฝน พบว่า กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีมากที่สุดประมาณร้อยละ 6.94 และระบบฝายต้นน้ำพบน้อยที่สุดประมาณร้อยละ 0.11 ซึ่งน้อยมากจนแทบจะไม่มีน้ำไหลในลำธาร และพบว่าทุกกิจกรรมจะมีน้ำไหลในลำธารเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมจนถึงเดือนธันวาคม

3. ช่วงเวลาและการไหลของน้ำท่า

นำข้อมูลปริมาณน้ำท่าสะสมมาหาความสัมพันธ์กับเวลาด้วยการสร้าง Sigmoid curve หรือ S-curve เพื่อหาวันที่ปริมาณน้ำท่า

สะสมที่กำหนด และช่วงเวลาการไหลของน้ำปริมาณที่กำหนดไหลผ่านจุดตรวจวัด โดยกลุ่มน้ำที่มีป่าปกคลุมจะช่วยควบคุมการไหลของน้ำให้ให้ค่อย ๆ ทอยไหลลงมา ทำให้วันที่น้ำไหล (Flow date) ในช่วงน้ำหลากจะเกิดขึ้นในวันเวลาที่ช้า และช่วงเวลาการไหล (Flow interval) ในช่วงแล้งฝน ปริมาณน้ำที่เหลือ 5% และ 1% สุดท้ายจะมีระยะเวลาดันลง (Tangtham *et al.*, 1995)

3.1 วันที่น้ำไหล (Flow date; FD)

ผลการศึกษาวันที่น้ำไหลหรือวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 25 (25%FD), 50 (50%FD) และ 75 (75%FD) พบว่า อยู่ในช่วงน้ำหลาก หรือมีน้ำในลำธารมาก และวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 95 (95%FD) และ 99 (99%FD) มักพบในช่วงแล้งฝน หรือมีน้ำในลำธารน้อย ซึ่งวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 25 และร้อยละ 50 ของทั้ง 4 กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ไม่ต่างกัน แต่พบว่ากิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำเกิดขึ้นเร็วกว่า และกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะเกิดขึ้นช้ากว่ากิจกรรมอื่น ๆ ทุกดัชนี โดยวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าร้อยละ 75, 95 และ 99 กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กจะเกิดขึ้นช้าแตกต่างจากกิจกรรมอื่น ๆ ประมาณ 15, 35 และ 40 วันตามลำดับ ซึ่งหมายความว่า การปลดปล่อยน้ำสู่ลำธารของระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเป็นไปได้ช้ากว่ากิจกรรมอื่น ๆ เนื่องจากมีการชะลอน้ำจากฝายและอ่างเก็บน้ำ ตามด้วยกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำ ตามลำดับ

(Table 2) และเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Trephattanasuwan (2002) ที่ศึกษาศักยภาพการให้น้ำท่าของป่าเต็งรัง จังหวัดสกลนคร พบว่าทุก

กิจกรรมเกิดขึ้นช้ากว่า โดยวันที่เกิดขึ้นช้าหมายถึงจะมีน้ำไหลในลำธารยาวนาน สอดคล้องกับหลักการจัดการลุ่มน้ำ

Table 2 Flow date analysis of each forest development activities during 2011 – 2017.

Flow date	Activity	Flow date (date)							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	AVG.
25%FD	R	137	156	141	160	141	174	143	150
	CH	140	157	145	164	157	149	155	143
	IR	136	162	181	162	161	187	161	147
	RECH	144	153	173	188	158	168	162	151
50%FD	R	162	171	175	189	165	205	200	180
	CH	165	164	161	179	159	166	188	166
	IR	160	182	198	182	170	213	197	174
	RECH	180	158	195	217	180	192	191	184
75%FD	R	184	186	192	224	188	226	222	200
	CH	196	187	169	222	165	191	211	193
	IR	187	191	209	208	186	227	219	195
	RECH	219	187	205	238	198	223	217	216
95%FD	R	207	197	206	246	200	245	243	238
	CH	222	196	182	232	174	230	234	222
	IR	208	198	220	223	201	242	242	219
	RECH	260	242	216	269	213	245	242	255
99%FD	R	213	199	215	251	203	249	247	247
	CH	228	199	184	235	184	234	244	229
	IR	213	199	234	226	202	245	247	242
	RECH	272	258	219	276	216	249	247	271

Remark: R = rainwater pattern, CH = check dam pattern, IR = irrigation pattern,

RECH = reservoir and check dam pattern.

3.2 ช่วงเวลาการไหล (Flow interval; FI)
ช่วงเวลาการไหลของปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 25 (25%FI) และ 50 (50%FI) ที่ไหลผ่านจุดตรวจวัด พบในช่วงน้ำหลาก โดยกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลนานที่สุด ซึ่งนาน

กว่ากิจกรรมอื่น ๆ ประมาณ 12-17 วัน โดยช่วงเวลาการไหลของน้ำท่าที่ยาวนานแสดงให้เห็นว่าในช่วงน้ำหลาก มีปริมาณน้ำไหลในลำธารมากกว่าจึงใช้เวลาในการไหลนานกว่า กิจกรรมอื่น ๆ ส่งผลให้ช่วงแล้งฝนมีช่วงเวลาการไหลของปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 5 (5%FI) และ

ร้อยละ 1 (1%FI) หรือปริมาณน้ำ 5% และ 1% สุดท้ายของปริมาณน้ำท่าสะสมของระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุด ซึ่งสั้นกว่ากิจกรรมอื่น ๆ ประมาณ 36-42 วัน โดยช่วงเวลาที่ใช้ในการไหลของน้ำท่าที่สั้น แสดงให้เห็นว่าในฤดูแล้งจะมีปริมาณน้ำในลำธารเหลืออยู่มากกว่า ปริมาณน้ำช่วงปลายฤดูจะหมดช้ากว่ากิจกรรมอื่น ๆ ในขณะที่ปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 5 (5%FI) ระบบชลประทานมีช่วงเวลา

การไหลยาวนานที่สุด และร้อยละ 1 (1%FI) ระบบฝายต้นน้ำมีช่วงเวลาการไหลยาวนานที่สุด ซึ่งช่วงเวลาในการไหลของน้ำท่าในช่วงแล้งฝนดังกล่าวที่ใช้เวลาในการไหลยาวนานกว่ากิจกรรมอื่น ๆ นั้น แสดงให้เห็นว่าในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำในลำธารเหลืออยู่น้อยกว่า จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการไหลนานกว่า ทำให้ปริมาณน้ำช่วงปลายฤดูหมดเร็วขึ้น เกิดสภาวะการขาดแคลนน้ำยาวนานทำให้เกิดผลกระทบด้านภัยแล้ง (Table 3)

Table 3 Flow interval analysis of each forest development activities during 2011 – 2017.

Flow interval	Activities	Flow interval (day)							
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	AVG.
25%FI	R	21	14	16	9	22	20	21	20
	CH	30	22	7	18	5	24	22	27
	IR	26	8	10	25	15	15	31	21
	RECH	38	28	9	20	17	30	25	32
50% FI	R	46	29	50	1	46	51	1	50
	CH	55	29	23	18	7	41	55	50
	IR	50	28	27	3	29	39	56	48
	RECH	74	33	31	49	39	54	54	65
5% FI	R	159	169	159	119	166	120	122	127
	CH	144	169	183	133	192	135	131	143
	IR	158	167	145	142	165	118	123	146
	RECH	106	123	149	96	153	120	123	110
1% FI	R	153	167	150	114	163	116	118	118
	CH	138	166	181	130	182	131	121	136
	IR	153	166	131	139	163	115	118	123
	RECH	94	107	146	89	150	116	118	94

Remark: R = rainwater pattern, CH = check dam pattern, IR = irrigation pattern,

RECH = reservoir and check dam pattern.

เมื่อพิจารณารูปแบบ S-curve (Figure 3) เห็นได้ว่า กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน ระบบฝายต้นน้ำ และระบบ

ชลประทาน มีความชันมากกว่าระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก และปริมาณน้ำหมดไวกว่าเฉลี่ยประมาณ 50 วัน

4. การบริการทางนิเวศลุ่มน้ำด้านการให้น้ำ

ความแตกต่างด้านบริการของระบบนิเวศลุ่มน้ำโดยใช้ดัชนีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีและรายฤดูกาล วันที่ปริมาณน้ำสะสมตามที่กำหนด (Flow date) และช่วงเวลาการไหลของน้ำในลำธาร (Flow interval) จากกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่

ต่างกันด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน One-way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยรายคู่ด้วยวิธี Tukey's test พบว่า บริการด้านการให้น้ำมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4-6)

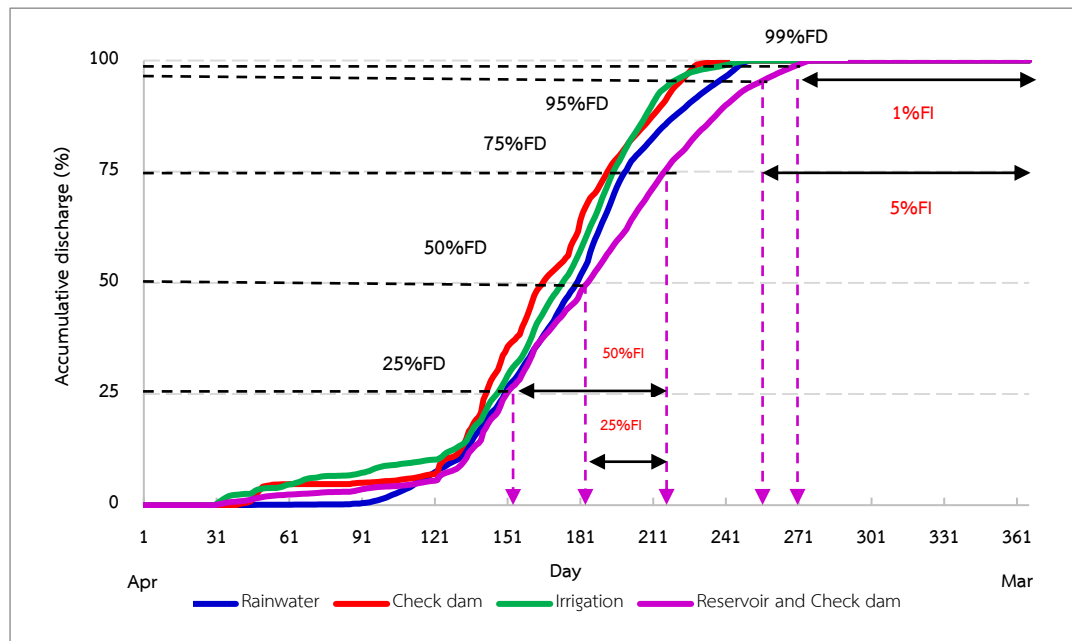


Figure 3 Percentage of accumulative discharge from each forest development activities during 2011–2017.

Table 4 Tukey's test at 5% probability level for average runoff from each forest development activities.

Activity	Runoff (mm)		
	Wet period	Dry period	Annual
R	^{ns} 224.86 ±217.72	^{ns} 1.81 ±2.61	^{ns} 226.67 ±216.35
CH	^{ns} 129.55 ±215.35	^{ns} 0.10 ±0.26	^{ns} 129.65 ±215.15
IR	^{ns} 181.90 ±252.73	^{ns} 0.89 ±2.27	^{ns} 182.80 ±252.27
RECH	^{ns} 121.50 ±163.28	^{ns} 11.52 ±21.36	^{ns} 133.02 ±184.12
P-value	0.786	0.193	0.817

Remark: R = rainwater pattern, CH = check dam pattern, IR = irrigation pattern,

RECH = reservoir and check dam pattern. value = mean±standard deviation, ns= non-significant

Table 5 Tukey's test at 5% probability level for average flow date from each forest development activities.

Activity	Flow date (date)				
	25%FD	50%FD	75%FD	95%FD	99%FD
R	^{ns} 150.29 ±13.49	^{ns} 181.00 ±17.10	^{ns} 203.14 ±19.69	^{ns} 220.57 ±22.81	^{ns} 225.29 ±22.87
CH	^{ns} 152.43 ±8.20	^{ns} 168.86 ±10.61	^{ns} 191.57 ±20.65	^{ns} 210.00 ±25.43	^{ns} 215.43 ±25.65
IR	^{ns} 164.29 ±16.47	^{ns} 186.00 ±18.06	^{ns} 203.86 ±16.21	^{ns} 219.14 ±18.08	^{ns} 223.71 ±19.59
RECH	^{ns} 163.71 ±14.34	^{ns} 187.57 ±17.99	^{ns} 212.43 ±17.03	^{ns} 241.00 ±20.70	^{ns} 248.14 ±23.55
P-value	0.129	0.155	0.239	0.084	0.076

Remark: R = rainwater pattern, CH = check dam pattern, IR = irrigation pattern,

RECH = reservoir and check dam pattern. value = mean±standard deviation, ns= non-significant

Table 6 Tukey's test at 5% probability level for average flow interval from each forest Development Activities.

Activity	Flow interval (Day)			
	25%FI	50% FI	5% FI	1% FI
R	^{ns} 17.57 ±4.79	^{ns} 32.00 ±22.39	^{ns} 144.86 ±23.23	^{ns} 140.14 ±23.32
CH	^{ns} 18.29 ±9.14	^{ns} 32.57 ±18.47	^{ns} 155.29 ±25.59	^{ns} 149.86 ±25.78
IR	^{ns} 18.57 ±8.77	^{ns} 33.14 ±17.46	^{ns} 145.43 ±19.47	^{ns} 140.71 ±20.66
RECH	^{ns} 23.86 ±9.48	^{ns} 47.71 ±14.96	^{ns} 124.29 ±20.78	^{ns} 117.14 ±23.61
P-value	0.478	0.340	0.096	0.085

Remark: R = rainwater pattern, CH = check dam pattern, IR = irrigation pattern,

RECH = reservoir and check dam pattern. value = mean±standard deviation, ns= non-significant

สรุป

ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ยของพื้นที่ที่มีกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝน ระบบฝายต้นน้ำ ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก มีค่า 1,327.15, 1,238.26, 1,339.59 และ 1,304.01 มิลลิเมตรตามลำดับ โดยปริมาณฝนจะมีมากในช่วงน้ำหลาก ในทุกพื้นที่ประมาณร้อยละ 91.43 ถึงร้อยละ 94.82 ซึ่งมากที่สุดในเดือนสิงหาคม และพบว่าในช่วงแล้งฝนมีร้อยละปริมาณน้ำฝนน้อยมากใน

ทุกพื้นที่ประมาณร้อยละ 5.18 ถึงร้อยละ 8.57 ซึ่งพบน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์

ปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี และรายฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปีจากกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบน้ำฝนมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ระบบชลประทาน ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก และระบบฝายต้นน้ำ ในช่วงน้ำหลากสอดคล้องกับปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยรายปี แตกต่างที่ระบบฝายต้นน้ำมีปริมาณน้ำท่ามากกว่าระบบฝายต้นน้ำและ

อ่างเก็บน้ำขนาดเล็ก ในช่วงแล้งฝนปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยจากกิจกรรมระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีปริมาณมากที่สุด รองลงมาคือ ระบบน้ำฝน ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำ ในส่วนของความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและปริมาณน้ำท่ารายปี ระบบน้ำฝนมีส่วนมากที่สุด เท่ากับ 16.14 ในช่วงน้ำหลากมีส่วนปริมาณน้ำท่าต่อปริมาณน้ำท่ารายปีทุกกิจกรรมมากกว่าร้อยละ 90 แต่ในช่วงแล้งฝนมีค่าต่ำมาก (น้อยกว่าร้อยละ 10)

วันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสม (Flow date) ร้อยละ 25, 50 และ 75 พบในช่วงน้ำหลาก โดยกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเกิดขึ้นช้าที่สุด รองลงมาคือ ระบบน้ำฝน ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำ วันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 95 และ 99 มักพบในช่วงแล้งฝน โดยวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 95 ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเกิดขึ้นช้าที่สุด ตามด้วยระบบน้ำฝน ระบบฝายต้นน้ำ และระบบชลประทาน และร้อยละ 99 ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเกิดขึ้นช้าที่สุด รองลงมาคือระบบน้ำฝน ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำ ซึ่งทุกดัชนีระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กเกิดขึ้นช้ากว่ากิจกรรมอื่น ๆ ประมาณ 8-42 วัน โดยดัชนีวันที่เกิดปริมาณน้ำท่าสะสมทั้ง 5 ดัชนีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

การไหลของน้ำในลำธาร (Flow interval) ที่ปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 25 กิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ด้วยระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลนานที่สุด รองลงมาคือระบบฝายต้นน้ำ ระบบชลประทาน และระบบ

น้ำฝน ปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 50 กิจกรรมจากระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลนานที่สุด รองลงมาคือระบบฝายต้นน้ำ ระบบน้ำฝน และระบบชลประทาน ซึ่งในช่วงน้ำหลาก ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลนานกว่ากิจกรรมอื่น ๆ ประมาณ 12-17 วัน และปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 5 สุดท้าย ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุด ตามด้วยระบบน้ำฝน ระบบฝายต้นน้ำ และระบบชลประทาน และปริมาณน้ำท่าสะสมร้อยละ 1 สุดท้าย ระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุด ตามด้วยระบบน้ำฝน ระบบชลประทาน และระบบฝายต้นน้ำ ซึ่งในช่วงแล้งฝนระบบฝายต้นน้ำและอ่างเก็บน้ำขนาดเล็กมีช่วงเวลาการไหลสั้นที่สุด ซึ่งสั้นกว่ากิจกรรมอื่น ๆ ประมาณ 36-42 วัน โดยดัชนีการไหลของน้ำในลำธารทั้ง 4 ดัชนีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคสนาม นายณวันชัย กุลจิตรฐานนท์ หัวหน้าหน่วยงานวิจัยการจัดการลุ่มน้ำ ที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือในการทำงานครั้งนี้ผ่านไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Chorley, R.J., 1971, Introduction to Physical Hydrology, Methuens Co, Ltd., London.

- Chunkao, K. 1996. **Principles of Watershed Management.**, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Everard, M. and R. Waters. 2013. **Ecosystem Services Assessment: How to do one in practice.** Institution of Environmental Sciences, London. Available Source:https://www.the-ies.org/sites/default/files/reports/ecosystem_services.pdf, May 27, 2021.
- Huai Hong Khrai Royal Development Study Center. 2018. **Watershed Management Research Annual Report: The study of hydrological characteristics of the Huai Hong Khrai watershed.** Chiang Mai. (in Thai)
- Millennium Ecosystem Assessment. 2005. **Ecosystems and Human-Well-Being: Synthesis.** Island, Washington, DC.
- Onarsa, S., A. Boonsane, S. Juntiwong, S. Kijkayan, J. Phuanda, C. Onarsa, K. Netbut and M. Puttawong. 2014. **Potential Streamflow of various Forest Types in Thailand.** Watershed Research, Watershed Conservation and Management Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Poomviset, P. 2015. **Ecological Characteristics of Forest Communities Restored by Different Processes at Lampang Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)
- Tangtham, N., S. Boonyawat and V. Udomchok. 1995. **Impacts of land-use development on water balance of Chao Phraya river basin.** Bangkok. Kasetsart University Research and Development Institute. (in Thai)
- Trephattanasuwan, P. 2002. **Streamflow Characteristics from Natural Forest, Phuphan Royal Development Study Center, Sakon Nakhon Province.** Watershed Research, Watershed Conservation and Management Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Watershed Conservation and Management Office. 2019. **Watershed The source of the water.** In Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation booklet 13(4). (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัจจัยแวดล้อม และโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดิน
ในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ในจังหวัดปทุมธานี

นนทชา สังข์น้ำมนต์^{1,2} วัฒนชัย ตาเสน^{1*} และ ยงยุทธ ไตรสุรัตน์¹

รับต้นฉบับ: 12 พฤษภาคม 2564

ฉบับแก้ไข: 4 มิถุนายน 2564

รับลงพิมพ์: 7 มิถุนายน 2564

บทคัดย่อ

ความหลากหลายและโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินได้ศึกษาในพื้นที่การใช้ประโยชน์ต่างกัน จังหวัดปทุมธานี ซึ่งจำแนกพื้นที่ออกเป็น 4 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เกษตรแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน พื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัส พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม ทำการศึกษาปัจจัยแวดล้อม และเก็บตัวอย่างแมลงผิวดินโดยใช้กับดักหลุมและกับดักถุงผ้า ทำการเก็บตัวอย่างระหว่างเดือนมกราคมถึงธันวาคม พ.ศ. 2558 โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายกระจายทั่วพื้นที่ ทำการเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน ผลการศึกษาพบแมลงจำนวนทั้งสิ้น 144 ชนิด 29 วงศ์ 9 อันดับ ซึ่งแมลงในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดมากที่สุดจำนวน 55 ชนิด รองลงมาเป็นอันดับ Coleoptera ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความสม่ำเสมอพบว่าในพื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัส มีค่าดัชนีของแมลงผิวดินมากที่สุด ในฤดูฝนพบแมลงผิวดินมากกว่าฤดูแล้ง ส่วนปัจจัยแวดล้อม พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างดิน (soil pH) ค่าฟอสฟอรัส และค่าไนโตรเจน มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) กับจำนวนชนิดของแมลงผิวดิน แสดงให้เห็นว่าปัจจัยแวดล้อมบางประการมีผลต่อลักษณะทางสังคมของแมลงผิวดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันด้วย ดังนั้น การจัดการปัจจัยแวดล้อมให้มีความเหมาะสมสามารถช่วยอนุรักษ์ความหลากหลายของแมลงผิวดินได้

คำสำคัญ: ความหลากหลาย, แมลงผิวดิน, ปัจจัยแวดล้อมบางประการ, การใช้ประโยชน์ที่ดิน

¹คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²สำนักการอนุญาต กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

*ผู้รับผิดชอบบทความ Email: fforwct@ku.ac.th

ORIGINAL ARTICLE

**Environmental Factors and Community Structure of Ground-dwelling Insects
in Different Land Uses, Pathum Thani Province**

Nontacha Sangnummon^{1,2}, Wattanachai Tasen^{1*} and Yongyut Trisurat¹

Received: 12 May 2021

Revised: 4 June 2021

Accepted: 7 June 2021

ABSTRACT

The species diversity and community structure of ground-dwelling insects were carried out in different land uses in Pathum Thani province. The land uses were classified into four types namely 1) Oil palm plantation, 2) Eucalyptus plantation, 3) Agroforestry plantation and 4) Orange garden. Some environment factors and insect data were conducted in each land use. Pitfall-trap and Winkler extractors were used to collect ground-dwelling insects, during January and December 2015 by simple sampling spread across the area. The samples were collected every 2 months. A total of 144 species, belonging to 29 families and 9 order of ground-dwelling insects were found. The highest number of insects that found were in the Hymenoptera order (55 species), followed by Coleoptera order. For the diversity index and similarity index, it was found that Eucalyptus plantation was the highest. The rainy season was found ground-dwelling insect species more than dry season (125 and 112 species, respectively). It was also found that environmental factors; soil pH, Phosphorus and Nitrogen were related to the number of ground-dwelling insect species (p -value<0.01). The result revealed that some environmental factors influenced the ground-dwelling insect community in different land uses. Thus, the suitable environmental management can maintain ground-dwelling insects.

Keywords: Species Diversity, Ground-dwelling Insects, Environmental factors, Land Use

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

²Permission division, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

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

คำนำ

แมลงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีความหลากหลายทั้งทางพันธุกรรม ชนิด และถิ่นที่อยู่อาศัย (Borror *et al.*, 1989; McGavin, 2001) สามารถดำรงชีวิตและปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมในแต่ละระบบนิเวศได้เป็นอย่างดี (Gullan and Cranston, 1994) ทั้งยังสามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งหลายชนิดมีความไวต่อการถูกรบกวนถิ่นที่อยู่อาศัยหรือการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้ดี (Thani, 2014) ทำให้ปัจจุบันมีนักวิจัยนำแมลงมาใช้เป็นตัวบ่งชี้เพื่อสำรวจสถานภาพทางทรัพยากรธรรมชาติ (Tasen, 2019) และการยอมรับถึงการใช้แมลงเป็นตัวบ่งชี้สุขภาพ (Brow, 1991) รวมทั้งผลของกิจกรรมและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกันของมนุษย์ที่อาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศมักมีความสัมพันธ์ต่อกันในรูปแบบห่วงโซ่อาหารหรือสายใยอาหารเป็นขั้นตอนจากระดับหนึ่งไปสู่อีกระดับหนึ่งได้ (Marod and Kutintara, 2009) แมลงหลายกลุ่มได้ถูกนำมาจัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีศักยภาพในการเป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพหรือ Bioindicator ของความหลากหลายต่อการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Cheesman, 1997; Andersen, 2002) นอกจากนี้แมลงยังมีความสำคัญในการบริการทางระบบนิเวศ (ecosystem services) ที่หลากหลายอีกด้วยทั้งบริการด้านการนำไปใช้ประโยชน์ ทางวัฒนธรรม การท่องเที่ยว แม้กระทั่งการสร้างผลผลิตขึ้นปฐมภูมิ และการหมุนเวียนธาตุอาหารซึ่งเชื่อมโยงกับองค์ประกอบของระบบนิเวศ (Schowalter, 2013)

แมลงอาจสามารถแบ่งได้จากถิ่นที่อยู่อาศัยหรือพฤติกรรมการหาอาหาร แมลงสามารถจำแนกได้ อย่างง่ายออกเป็น 2 พวกใหญ่ ๆ คือ แมลงไม่มีปีก (apterygote insects) และแมลงมีปีก (pterygote insects) (Wallwork, 1976) ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศ กลุ่มแมลงที่อาศัยอยู่บริเวณผิวดินจะมีบทบาทสำคัญทางระบบนิเวศ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผู้ย่อยสลายเป็นผู้ช่วยในกระบวนการกลับคืนของธาตุอาหารในดินให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (Wiwatwitaya, 1991) การศึกษาการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของประชากรแมลง จึงสามารถใช้ในการบ่งชี้ถึงความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศได้ (Mound and Waloff, 1978)

ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันอย่างหลากหลายและซับซ้อน ซึ่งหลายพื้นที่ที่มีการบริหารจัดการที่ดี แต่ในบางพื้นที่มีการใช้สารเคมีที่ทำให้เกิดสารตกค้างในดิน การรบกวนจากการดำเนินกิจกรรมต่าง ๆ เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ความหลากหลายของแมลงลดลง (Gullan and Cranston, 2010) หากแต่ปริมาณซากพืชซากสัตว์ และสิ่งปกคลุมดิน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างในด้านความหลากหลายชนิด และอัตราการย่อยสลายของพืชขึ้นอยู่กับความชื้นของดินด้วย (Wiwatwitaya and Takeda, 2005; Marod and Kutintara, 2009) อาทิ การศึกษาคูณสมบัติบางประการของดินส่งผลต่อการกระจายตัวของด้วงดินของ Triphatthanasuwan and Wannawong (2006) พบว่าการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมสามารถทำให้เกิดความแตกต่างกันทั้งจำนวนชนิด หรือความมากมายด้วยเช่นกัน ในการศึกษาผลของปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่การใช้ประโยชน์

ที่ดินต่างกันในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเดิมส่วนใหญ่ทำนาและมีการทำเกษตรกรรมเชิงเดี่ยวค่อนข้างมาก และถูกปรับเปลี่ยนไปหลายสาเหตุ เช่น เป็นการปลูกไม้ผล ปลูกปาล์มน้ำมัน ปลูกลิปัดส์ และอื่น ๆ อาจมีการปลูกวนเกษตรที่เป็นการปลูกพืชแบบผสมผสานด้วยเช่นกัน ดังนั้นการศึกษานี้จึงต้องการทราบถึงความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมบางประการต่อความหลากหลายและความมากมายของแมลงผิวดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันของจังหวัดปทุมธานี เพื่อเป็นข้อมูลในการนำมาเป็นแนวทางในการวางแผนและประเมินความสามารถในการจัดการพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดปทุมธานี ต่อไปในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูล

การศึกษานี้ได้ดำเนินการในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี โดยเลือกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน 4 ประเภทได้แก่ พื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัส (Eucalyptus plantation) พื้นที่เกษตรแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน (Oil palm plantation) พื้นที่วนเกษตร (Agroforestry plantation) และพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม (Orange garden) โดยใช้การเก็บตัวอย่าง 2 วิธีการ คือกับดักหลุม (Pitfall-trap) ซึ่งเป็นวิธีการสำหรับศึกษาแมลงที่มีพฤติกรรมหากินและอาศัยตามผิวดินได้ดี (Gordh and Headrick, 2001) โดยใช้แก้วพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ขุดหลุมฝังให้ขอบถ้วยอยู่ในระดับผิวดิน และรินสารละลายแอลกอฮอล์ 95% น้ำ และน้ำยาล้างจาน

(อัตรา 50:45:5) ลงไปในถ้วยประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาตรถ้วย วางทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง (อ้างตาม Seekhiew *et al.*, 2020) แต่ละพื้นที่วางกับดักด้วยการสุ่มตัวอย่างแบบง่ายกระจายทั่วพื้นที่ จำนวน 20 จุด แต่ละจุดห่างกัน 10 เมตร และกับดักถุงผ้า (Winkler extractor) ขนาด 19×23 เซนติเมตร เป็นชุดกับดักที่ใช้สำหรับศึกษาแมลงที่อาศัยและหาอาหารตามผิวดิน หน้าดินและตามเศษซากพืชซากสัตว์ (Forest and Plant Conservation Research Office, 2009; Tasen, 2019) โดยทำการวางแปลงย่อยในแต่ละพื้นที่ขนาด 50×50 เซนติเมตร จำนวน 10 แปลงย่อย เก็บเศษใบไม้ ซากพืชและผิวดินลึก 3-5 เซนติเมตร ใส่ถุงผ้าดิบจากแปลงตัวอย่าง นำมาร่อนใส่ถุงตาข่าย และแขวนไว้ภายในชุดกับดักถุงผ้าเป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำแมลงที่ได้จากกับดักทั้งสองชนิดใส่ขวดบรรจุแอลกอฮอล์ 70% เพื่อนำมาจัดจำแนกความแตกต่างทางลักษณะพื้นฐานภายนอก (Morphospecies) ในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดำเนินการเก็บตัวอย่างในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 แบ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง (เมษายน-พฤศจิกายน) และช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม-ตุลาคม) โดยใช้การสำรวจในแปลงเดิมทุกครั้งที่สำรวจ

การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่สำรวจพบทั้งหมดศึกษาโครงสร้างทางสังคมแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยวิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon-Wiener Index (H') ค่าดัชนีความ

สม่ำเสมอ (Evenness index) (Ludwig and Reynolds, 1988) และค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index) ตามวิธีการของ Sorensen (Sorensen, 1948) พร้อมทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติ ด้วยการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูลเปรียบเทียบแมลงผิวดินในแต่ละพื้นที่ พร้อมทั้งวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และหาความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมบางประการกับชนิดและจำนวนตัวของแมลงผิวดิน โดยใช้ Pearson correlation

ผลและวิจารณ์

ความหลากหลายของแมลงผิวดิน

จากการศึกษาพบจำนวนแมลงผิวดินในพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 144 ชนิด 29 วงศ์ 9 อันดับ คือ อันดับ Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Orthoptera, Blattodea, Isoptera, Collembola, Embioptera และ Dermaptera ซึ่ง อันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดและจำนวนตัวมากที่สุด จำนวนทั้งสิ้น 55 ชนิด 4,635 ตัว รองลงมาเป็นอันดับ Coleoptera อันดับ Hemiptera อันดับ Orthoptera อันดับ Blattodea อันดับ Isoptera จำนวน 54, 14, 8, 8 และ 2 ชนิด ตามลำดับ ส่วนแมลงในอันดับ Collembola อันดับ Dermaptera และอันดับ Embioptera พบเพียงอันดับละ 1 ชนิด ส่วนในระดับวงศ์พบจำนวนชนิดของพวกมดในวงศ์ Formicidae มากที่สุด สอดคล้องกับรายงานที่พบพวกมดในพื้นที่การใช้ประโยชน์ต่าง ๆ มากกว่าแมลงในกลุ่มอื่น (Wiwatwitaya, 1991; Seekhiew *et al.*, 2020) เหตุผลดังกล่าวอาจเนื่องมาจากเป็นแมลงสังคม (Hölldobler and

Wilson, 1990) และจัดเป็นกลุ่มแมลงที่มีการดำรงชีวิตและปรับตัวได้ดีในพื้นที่หลายประเภท และยังสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพพื้นที่แห้งแล้ง หรือพื้นที่เปิดโล่งได้ดี (Watanabe and Ruaysoongnern, 1984) โดยเฉพาะพวกมดสกุล *Pheidole* พบมีจำนวนชนิดค่อนข้างสูง สอดคล้องกับรายงานการศึกษามดในประเทศไทย ที่พบมดในสกุล *Pheidole* มากเช่นกัน (Jaitrong, 2011; Khachonpisitsak *et al.*, 2020) โดยมดในกลุ่มนี้มีบทบาทเป็นผู้ล่าและเป็นตัวห้ำของสัตว์ขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ตามพื้นดิน (Brown, 1991)

เมื่อเปรียบเทียบในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าพื้นที่เกษตรแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน มีจำนวนชนิดมากที่สุด เท่ากับ 97 ชนิด รองลงมาเป็นพื้นที่วนเกษตร พื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัส และพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม จำนวน 95, 94 และ 86 ชนิด ตามลำดับ ในส่วนของจำนวนตัวของแมลงผิวดินที่พบในแต่ละพื้นที่นั้น พบว่าในพื้นที่วนเกษตร พบจำนวนตัวของแมลงมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 29.25 ของจำนวนตัวที่พบทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัส (ร้อยละ 26.58) พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน (ร้อยละ 24.33) พื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม (ร้อยละ 19.84) (Table 1) เนื่องจากพื้นที่วนเกษตรเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกพืชไว้หลายชนิดอาจเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้พบจำนวนตัวมากกว่าพื้นที่อื่น ส่วนในพื้นที่แปลงปลูกส้มที่พบน้อยอาจเกิดจากการรบกวนพื้นที่จากกิจกรรมทั้งการดูแลใส่ปุ๋ยและกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชมากกว่าพื้นที่อื่น โดยทุกพื้นที่พบกลุ่มมดมากที่สุดทั้งจำนวนชนิดและจำนวนตัว สอดคล้องกับการศึกษาของ Jaitrong (2011) และ Gullan and Cranston (1994) ที่กล่าว

ว่ามดเป็นแมลงสังคม และบางชนิดมักพบอาศัยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ ซึ่งสามารถปรับตัวได้ดีอยู่ได้ในทุกสภาพพื้นที่ เมื่อพิจารณาความแตกต่างของความหลากหลายชนิดตามฤดูกาล พบว่าในฤดูฝนพบแมลงผิวดินทั้งหมด 125 ชนิด จำนวน 3,473 ตัว คิดเป็นร้อยละ 86.81 ของชนิดแมลงที่พบทั้งหมด ซึ่งมากกว่าในฤดูแล้งที่พบแมลงผิวดินทั้งหมด 112 ชนิด จำนวน 2,615 ตัว คิดเป็นร้อยละ 77.78 ของชนิดแมลงที่พบทั้งหมด แสดงว่าปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิของอากาศ อาจมีผลต่อการเพิ่มขึ้นลดลงของจำนวนชนิดแมลง จากการศึกษาของ Wiwatwittaya (1996) แมลงบางกลุ่มต้องการถิ่นอาศัยที่มีความชื้นเพียงพอ ช่วงฤดู

แล้งกับฤดูฝนสภาพพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก นอกจากด้านความชื้น ทำให้แมลงผิวดินที่พบไม่แตกต่างกันมาก แมลงที่พบได้มากหรือสามารถครอบครองพื้นที่ได้ นั่นคือ แมลงเหล่านั้นสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมต่างๆได้ดี และเป็นแมลงที่ดำรงชีวิตแบบสังคม รวมทั้งอาจมีผลถึงพฤติกรรมกรรมการหาอาหารและการดำรงชีวิตของแมลงต่างๆ ซึ่งตรงกับรายงานของ Andersen *et al.* (2002) ที่กล่าวว่าปัจจัยทางกายภาพไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝนจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประชากรของแมลงในกลุ่มมดด้วย

Table 1. Number of species of ground-dwelling insects in different land uses, Pathum Thani province

Study area	Species	Family	Order	% Individuals
Eucalyptus plantation	94	24	8	26.58
Agroforestry plantation	95	23	7	29.25
Oil palm plantation	97	25	9	24.33
Orange garden	86	24	7	19.84
Total	144	29	9	

โครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน

ค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิด ของ Shannon-Wiener's Index (H') ในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์มีความหลากหลายค่อนข้างต่ำ ($H' < 2.0$) เมื่อทดสอบดัชนีความหลากหลาย (H') ด้วย Kruskal- Wallis test พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.05$) แสดงว่าความหลากหลาย

ชนิดของแมลงที่พบไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตามพื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัสมีค่า H' มากที่สุด เท่ากับ 1.72 รองลงมาคือพื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรแปลงปลูกปาล์มน้ำมันมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดเท่ากับ 1.65 และ 1.58 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้มมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดน้อยที่สุด เท่ากับ 1.36 (Table 2)

ในส่วนผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ พบว่าพื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปตัส มีค่าดัชนีความสม่ำเสมอมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 0.38 รองลงมาเป็นพื้นที่เกษตรแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน พื้นที่วนเกษตร และพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม มีค่าเท่ากับ 0.36, 0.35 และ 0.30 ตามลำดับ ซึ่งจัดได้ว่ามีระดับความสม่ำเสมอค่อนข้างน้อย แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในจังหวัดปทุมธานี มีการกระจายของชนิดแมลงผิวดินค่อนข้างแตกต่างกันมาก สอดคล้องกับรายงานของ Prabphal and Khachonpisitsak (2017) ที่พบว่าความหลากหลายชนิด ความชุกชุม และ

องค์ประกอบทางชนิดของกลุ่มสังคมแมลงมีความแปรผันไปตามรูปแบบของการทำเกษตรกรรม ส้มเป็นพืชที่ต้องดูแลอย่างเข้มข้น จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยและใช้สารเคมีในการเพิ่มผลผลิตมากกว่าพืชชนิดอื่น และเป็นสาเหตุให้ความหลากหลายของแมลงที่อาศัยอยู่ตามพื้นดินน้อยกว่าในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ ซึ่ง Chunsavad (2003) รายงานว่าจำนวนชนิดแมลงในระบบนิเวศสวนส้มในจังหวัดสงขลามีความสัมพันธ์กับฤดูกาล ซึ่งมีผลต่อแหล่งอาหาร ทำให้ส่งผลต่อความหลากหลายชนิดของแมลงด้วย

Table 2. Species diversity index and evenness index of ground-dwelling insects in different land uses, Pathum Thani province

Study area	Species diversity index	Evenness index
Eucalyptus plantation	1.72	0.38
Agroforestry plantation	1.65	0.36
Oil Palm plantation	1.58	0.35
Orange garden	1.36	0.33

ดัชนีความคล้ายคลึงของแมลงผิวดินในพื้นที่ศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0.663-0.783 (Table 3) การศึกษานี้พบว่าพื้นที่วนเกษตรผสมปาล์มน้ำมันมีความคล้ายคลึงกับพื้นที่สวนปาล์มน้ำมันมากที่สุด เท่ากับ 0.783 รองลงมาคือพื้นที่วนเกษตรผสมปาล์มน้ำมันมีความคล้ายคลึงกับพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน เท่ากับ 0.773 แสดงถึงพื้นที่ที่ปลูกพืชหลากหลายและมีกิจกรรมการรบกวนน้อยแมลงสามารถกระจายหรือเข้าไปใช้ประโยชน์ได้ดี ซึ่งต่างจากพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้มที่มีความคล้ายคลึงกับพื้นที่อื่นๆ ต่ำ สาเหตุหนึ่งอาจเนื่องมาจากปัจจัยการถูก

รบกวนจากการใช้ประโยชน์พื้นที่โดยมนุษย์ โดยพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้มมีความถี่ของกิจกรรมจากเกษตรกรที่เข้มข้นกว่าแปลงอื่นๆ ทั้งการรดน้ำ ใส่ปุ๋ย และการจัดการวัชพืช มักมีการใช้สารเคมีเป็นหลัก ทำให้พื้นที่ถูกรบกวนของกิจกรรมน้อยกว่าแปลงอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับผลศึกษาของ Khachonpisitsak (2016) ที่รายงานพบว่าพื้นที่อนุรักษ์ที่มีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์น้อยมีความหลากหลายของชนิดแมลงมากกว่าพื้นที่ที่ถูกมนุษย์ใช้ประโยชน์ในการสร้างเป็นสถานที่ท่องเที่ยวและมีการเปิดให้บริการนักท่องเที่ยวเช่นกัน

Table 3. Similarity index of ground-dwelling insects in different land uses,
Pathum Thani province

	EG	AP	OP	OG
EG		0.764	0.783	0.656
AP			0.773	0.649
OP				0.663
OG				

Note : OP = Oil palm plantation, AP = Agroforestry plantation,
EP = Eucalyptus plantation and OG = Orange garden

ความสัมพันธ์ระหว่างแมลงผิวดินกับปัจจัย แวดล้อมบางประการ

ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนชนิดและจำนวนตัวของแมลงผิวดินกับปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันจากค่าสหสัมพันธ์ Pearson Correlation พบว่าจำนวนชนิดของแมลงผิวดินมีความสัมพันธ์ผกผันกับปัจจัยแวดล้อมบางประการ (Table 4) ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างดิน (soil pH) ฟอสฟอรัส และไนโตรเจนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยปัจจัยแวดล้อมด้านอุณหภูมิดิน ความชื้นดิน ค่าอินทรีย์วัตถุดิน และค่าคาร์บอน ไม่พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) กับจำนวนชนิด ในส่วนของจำนวนตัวมีความสัมพันธ์ผกผันกันกับปัจจัยแวดล้อมเพียง 2 ปัจจัยคือค่าความเป็นกรด-ด่างดิน (pH) และฟอสฟอรัส ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แสดงถึงปัจจัยทางด้าน pH และฟอสฟอรัสมีผลต่อจำนวนชนิดและประชากรแมลงผิวดิน ซึ่งในพื้นที่ศึกษานี้ดินค่อนข้างเป็นดินเค็ม

Table 4. Pearson Correlation between species,
individuals of ground dwelling insect and
some factors in different land uses,
Pathum Thani Province.

Factors	Species	Individuals
Soil temperature	-0.465 ^{ns}	-0.024 ^{ns}
Soil moisture	-0.178 ^{ns}	-0.661 ^{ns}
OM	-0.630 ^{ns}	-0.271 ^{ns}
Soil pH	-0.977**	-0.744*
P	0.940**	-0.760*
N	-0.973**	-0.623 ^{ns}
C	-0.700 ^{ns}	-0.271 ^{ns}

Remark; ns = Non-significant

* = Significantly different ($P < 0.05$),

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

ดังนั้น ในแนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มความหลากหลายของแมลงผิวดินในพื้นที่อาจต้องมองในส่วนของปัจจัยแวดล้อมด้านความเค็มหรือค่า pH และค่าฟอสฟอรัสของดินเป็นปัจจัยที่ต้อง

พิจารณาให้ความสำคัญมากขึ้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง ± 1 แสดงถึงค่าความสัมพันธ์ระหว่างแมลงผิวดินจะมีความสัมพันธ์ผกผันกันกับปัจจัยแวดล้อมบางประการในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ในพื้นที่จังหวัดปทุมธานี อย่างไรก็ตาม Meenwang *et al.* (2012) ได้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี ล้วนแต่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิต และการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต และเป็นตัวกำหนดความหลากหลายและความชุกชุมของสิ่งมีชีวิตได้ เมื่อปัจจัยใดเกิดการเปลี่ยนแปลง อาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในพื้นที่นั้นๆ ได้ ซึ่ง Hölldobler and Wilson (1990) ยังกล่าวว่าปัจจัยกายภาพมีผลต่อความชุกชุมของชุมชนแมลง โดยเฉพาะกลุ่มมด รวมทั้งปัจจัยทางกายภาพมีผลต่อการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของประชากรของแมลงในกลุ่มมด (Andersen *et al.*, 2002) ด้วยเช่นกัน

สรุป

ความหลากหลายของแมลงผิวดินที่พบในพื้นที่ศึกษาทั้งหมดพบจำนวนทั้งสิ้น 144 ชนิด 29 วงศ์ 9 อันดับ ได้แก่ อันดับ Hymenoptera, Coleoptera, Hemiptera, Orthoptera, Blattodea, Isoptera, Collembola, Embioptera และ Dermaptera โดยพบว่าเป็นกลุ่มของมด (Formicidae) ในอันดับ Hymenoptera พบจำนวนชนิดและจำนวนตัวมากที่สุด จำนวน 55 ชนิด 4,635 ตัว พื้นที่เกษตรแปลงปลูกปาล์มน้ำมัน มีจำนวนชนิดมากที่สุด เท่ากับ 97 ชนิด รองลงมาเป็นพื้นที่วนเกษตร (95 ชนิด) พื้นที่แปลงปลูกยู

คาลิปดัส (94 ชนิด) พื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม (86 ชนิด) ส่วนโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินพบว่าพื้นที่แปลงปลูกยูคาลิปดัสมีค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดมากที่สุด (1.72) เช่นเดียวกับค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (0.38) ส่วนค่าดัชนีความหลากหลายทางชนิดและค่าดัชนีในพื้นที่เกษตรแปลงปลูกส้ม มีค่าน้อยที่สุด

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับจำนวนชนิดของแมลงผิวดินพบว่าความเป็นกรด-ด่างดิน (Soil pH) ค่าฟอสฟอรัสและไนโตรเจน มีความสัมพันธ์แบบผกผันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยแวดล้อมบางประการมีผลต่อแมลงผิวดิน ดังนั้น สามารถใช้ความหลากหลายของแมลงผิวดินเป็นตัวชี้วัดรวมถึงเป็นแนวทางการจัดการการฟื้นฟูป่าของสภาพพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายของกลุ่มแมลงผิวดินในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทยได้

เอกสารอ้างอิง

- Andersen, A.N., B.D. Hoffmann, W.J. Muller and A.D. Griffiths. 2002. Using ants as bioindicator in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology** 39 (1): 8-17.
- Brown, Jr, K.S. 1991. **Conservation of Neotropical environments: insects as indicators.** In *The Conservation of Insects and Their Habitats* (N.M. Collins and J.A. Thomas, eds) Royal Entom.

- Soc. Symposium XV, pp. 349–404.
London: Academic Press.
- Borror, D.J., C.A. Triplehorn and N.F. Johnson. 1989. **An Introduction to the Study of Insects**. Harcourt Brace College Publishing, New York, NY, USA.
- Cheesman, O.D. 1997. **Indics of Biodiversity**. International Pilot Course on Environmental Evaluation Using Insects as Indicators of Biodiversity, Sabah, Malaysia.
- Chunsavad, P. (2003). **Biodiversity of ants in citrus ecosystem at Sadao District, Songkhla Province**. Master Thesis of Science in Entomology, Prince of Songkhla University, Songkhla, Thailand. (in Thai)
- Forest and Plant Conservation Research Office. 2009. **Methods of Studying Insect Biodiversity**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Gordh, G. and D. H. Headrick. 2001. **A dictionary of Entomology**. CABI Publishing, UK.
- Gullan, D.J. and P.S. Cranston. 1994. **The Insect: An Outline of Entomology**. Chapman and Hall, London, UK.
- Gullan, P.J. and Cranston, P.S. 2010. **The insects: an outline of entomology**. John Wiley & Sons, Ltd. West Sussex.
- Hölldobler, B. and E.O. Wilson. 1990. **The Ants**. Springer-Verlag, Berlin.
- Jaitrong, W. 2011. **Key to the Ant Genera in Thailand**. Natural History Museum of the National Science Museum, Pathum Thani province. (in Thai)
- Khachonpisitsak, S. 2016. **The diversity of ants in Man islands (Man Nai island, Man kang island and Man nok island) Klaeng District, Rayong Province, Eastern Region of Thailand**. Revenue budget type research project. Faculty of Science Burapha University. Rayong Province. (in Thai)
- Khachonpisitsak, S., Sk. Yamane, P. Sriwichai and W. Jaitrong. 2020. **An updated checklist of the ants of Thailand (Hymenoptera, Formicidae)**. ZooKeys 998: 1–182.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. **Statistical Ecology**. John Wiley and Sons, New York, USA.
- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Bangkok: Aksorn Siam Printing. (in Thai)
- McGavin, G.C. 2001. **Essential Entomology**. Oxford University press, New York.
- Meenwang N., A. Payakka and T. Prommi. 2012. An application of aquatic insects as bioindicators of water quality in Mae Tao creek, Mae Sot District, Tak

- Province. **SDU Research Journal** 5(2): 113-123. (in Thai)
- Mound, L. A. and N. Waloff. 1978. **Diversity of insect faunas**. Symposia Royal Entomological Society. Oxford: Blackwell.
- Prabphal K. and S. Khachonpisitsak. 2017. Species Diversity and Composition of Terrestrial Ant Communities in Tropical Agricultural System: A Case Study of Rayong Province, Eastern Thailand. **Burapha Science Journal**. 22(3): 538-556. (in Thai)
- Schowalter, T.D. 2013. **Insects and sustainability of ecosystem services**. Crc Press, USA.
- Seekhiew A., W. Tasen and S. Teejuntuk. 2020. Ground Dwelling Insect Community in Limestone Mining Rehabilitation Area, Saraburi Province. **Thai Journal of Forestry** 39(1): 1-10. (in Thai)
- Sorrensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. Det Kong. Danske Vidensk. Selsk. Bil. Skr. 5(4):1-34.
- Tasen, W. 2019. **Key Morphological Characters of Insect Orders: in Tropical Forests**. Forest Textbook Publishing Fund, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (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.
- Triphatthanasuwan, P and S. Wannawong. 2006. **Falling and decay in natural forests and the forest plantation area in Phu Wiang Forest, Phu Wiang District, Khon Kaen Province**. Research report. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Wallwork, J.A. 1976. **The Distribution and Diversity of Soil Fauna**. Academic Press, London.
- Watanabe, H. and S. Ruaysoongnern. 1984. Effects of Shifting Cultivation on soil macro fauna in Northeastern Thailand. **Mem. Coll. Agric., Kyoto Univ.** 125:35-43.

Wiwatwittaya, D. 1991. **Effects of forest fires on surface insects at Doi Ang Khang, Chiang Mai Province.** Kasetsart University, Bangkok. (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.

Wiwatwitaya, D. and H. Takeda. 2005. Seasonal changea in soil arthropod abundance in the dry evergreen forst of north-east Thailand, with special reference to collembolan communities. **Ecological Research** 20 (1): 59-70.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อการเติบโตและคุณภาพการให้สีครามของห้อม
(*Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek.) ในพื้นที่จังหวัดแพร่

ณัฐพร จันทร์ฉาย^{1*} และ อัญญา บุญประจวบ¹

รับต้นฉบับ: 26 มีนาคม 2564

ฉบับแก้ไข: 10 พฤษภาคม 2564

รับลงพิมพ์: 14 พฤษภาคม 2564

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อการเติบโตและคุณภาพการให้สีครามของห้อม (*Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek.) ในพื้นที่จังหวัดแพร่ มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบความเหมาะสมของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของดินต่อการเติบโตและคุณภาพสีของห้อม โดยทำการวัดการเติบโตของห้อมในดินที่ทำการปรับความเป็นกรด-ด่างที่แตกต่างกันครั้งแรกและครั้งสุดท้ายและคุณภาพสีห้อมที่ได้ ผลการศึกษาพบว่า การปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.5 มีความชื้นในดินเฉลี่ย (96.25 %) ค่าแสงเฉลี่ยในโรงเรือนที่ทำการพรางแสงให้ 70 เปอร์เซ็นต์ (101.87) ให้การเติบโตของต้นห้อมดีที่สุด โดยมีค่าความสูงเพิ่มขึ้น 10.66 เซนติเมตร ความยาวรากเพิ่มขึ้น 5.16 เซนติเมตร จำนวนกิ่งเพิ่มขึ้น 1.66 กิ่ง และจำนวนใบเพิ่มขึ้น 15 ใบ ตามลำดับ ส่วนการไม่ปรับความเป็นกรด-ด่างในดินให้คุณภาพของสีตามมาตรฐาน เนื่องจากมีค่า L^* เท่ากับ 21.38 a^* เท่ากับ -3.18 และ b^* เท่ากับ -5.93 โดยค่า L^* บ่งบอกว่าเป็นสีเข้ม เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 ค่า $-a^*$ บ่งบอกว่าเป็นสีเขียว และค่า $-b^*$ บ่งบอกว่าเป็นสีน้ำเงิน และพบปริมาณลิวโคอินดิโก เท่ากับ 88.53 ไมโครมิลลิกรัม ซึ่งปริมาณลิวโคอินดิโก แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการติดสีของสีย้อม อย่างไรก็ตามการปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.5 ยังให้คุณภาพของสีตามมาตรฐานรองลงมาจาก การไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง มีค่า L^* (28.34) a^* (-4.83) และ b^* (-3.09) และมีปริมาณการเปลี่ยนเป็นลิวโคอินดิโก เท่ากับ 77.20 ไมโครมิลลิกรัม แสดงให้เห็นว่า ห้อมสามารถใช้ในการแก้ไขปัญหาดินเปรี้ยวได้ ซึ่งสามารถให้ประโยชน์แก่ชุมชนที่มีการปลูกห้อมอันก่อให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจและพัฒนาเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในอนาคตได้ต่อไป

คำสำคัญ: ความเป็นกรด-ด่าง สีคราม *Baphicacanthus cusia* ลิวโคอินดิโก

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพทางอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

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

ORIGINAL ARTICLE

**Effect of pH on growth and indigo coloring quality of Hom (*Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek.)
at Phrae Province**

Nuttaporn Chanchay^{1*} and Ansaya Boonprajaub¹

Received: 26 March 2021

Revised: 10 May 2021

Accepted: 14 May 2021

ABSTRACT

The study on effect of pH value on the indigo color quality of Hom (*Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek.) was done in Phrae province. The objective was to determine the initial pH of the soil to the growth and color quality of the Hom. We have measured the initial and final growth of plants in different pH of potting soils and the color quality. The results showed that suitability adjusted pH at 4.5 with average soil moisture content (96.25 %) and exposure in the greenhouse was 70% (101.87) had high supported on maximum growth. The increased growth was detected in most plant parts, stem height (10.66 cm), root length (5.16 cm), number of branches (1.66 branches), and number of leaf (15 leaves). While, the treatment without pH adjustment provided the standard color quality of Hom which express by values of L* (21.38), a* (-3.18), and b* (-5.93). Value of L* indicating the color lightness with yield to dark color when closed to 0, while, -a* and -b* expressed the green and blue color, respectively. The amount of leuco-indigo was 88.53 μ ml, High leuco-indigo indicating the efficiency of the color absorption in the fabric. However, pH adjustment to 4.5 also provided a standard color quality, even though, less than without pH adjustment which varied values were found, L* (28.34), a* (-4.83), b* (-3.09), and leuco-indigo (77.20 μ ml). Indicating Hom can be used to solve the acid soil problem. Then, the communities will get the benefit from cultivating which contributes to economic development and development into community enterprise groups in the future.

Keywords: pH, Indigo, *Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek., Leuco-indigo

¹ Agro-Industrial Biotechnology Maejo University Phrae Campus, Phrae province 54140

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

คำนำ

หอมถือเป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดแพร่ เนื่องจากเป็นพืชกลุ่มให้สีหอมซึ่งนำมาใช้ในการย้อมผ้า เรียกกระบวนการย้อมว่า การก่อหม้อย้อมผ้าที่ย้อมออกมาจึงถูกเรียกว่า “ผ้าหม้อหอม” โดยในจังหวัดแพร่ พบหม้อที่นำมาก่อหม้อย้อม

3 ชนิด ได้แก่ *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze, *Strobilanthes auriculata* (Nees) และ *Baphicacanthus cusia* (Nees) Bremek. (Chanchay, 2019) ซึ่งตลาดเสื้อผ้าหม้อหอมนับได้ว่าเป็นแหล่งรายได้หลักของประชากรในตำบลทุ่งโฮ้ง อำเภอเมือง จังหวัดแพร่ นอกจากนี้ในปี พ.ศ. 2562 จังหวัดแพร่ ได้ขึ้นทะเบียนสินค้าบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications: GI) ในเรื่อง “ผ้าหม้อหอมแพร่” จึงต้องจัดให้มีระบบการควบคุมคุณภาพ กระบวนการผลิตและแหล่งที่มาของสินค้า เพื่อให้ผู้ผลิตสามารถรักษามาตรฐานตามที่ขึ้นทะเบียนไว้ ปัจจุบันมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการสวมใส่ผ้าหม้อหอมทำให้การผลิต และค้าขายเสื้อผ้าหม้อหอมมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ต้นหอมชนิดที่เป็นวัตถุดิบสำหรับการทำสีย้อม ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากเจริญเติบโตไม่ทันต่อการนำมาผลิตเป็นเนื้อหม้อมที่มีคุณภาพสีเพื่อนำไปทำสีย้อม ซึ่งปัญหาอาจส่งผลมาจากคุณภาพ และสภาวะของดิน เช่น ความเหมาะสมของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินที่ใช้ในการเพาะปลูกหม้อมด้วย

ความเป็นกรด-ด่างของดินมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชในดิน เนื่องจากถ้าดินเป็นด่างหรือกรดมากเกินไปจะทำให้ธาตุอาหารพืชในดินนั้นมีประโยชน์น้อยลง สำหรับพืชทั่วไป ค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 6.0–7.5 (Everhart, 1994) Siomos *et al.* (2001) รายงานว่า จากการศึกษาผักกาดหอม

พันธุ์บัตเตอร์เฮดที่ปลูกด้วยวิธีการปลูกพืชในดินเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารมีปริมาณคลอโรฟิลล์แตกต่างกันโดยการปลูกในสารละลายธาตุอาหารมีปริมาณคลอโรฟิลล์น้อยกว่า และพบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีผลทำให้ธาตุอาหารที่อยู่ในดินสามารถเคลื่อนย้ายเข้าสู่พืชได้ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมกนีเซียมและเหล็กซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในการสังเคราะห์รงควัตถุที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ คลอโรฟิลล์ และแคโรทีนอยด์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อการเติบโตของพืช เช่นเดียวกับ Pinto *et al.* (2014) รายงานว่า การลดลงของปริมาณแมกนีเซียมส่งผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในผักกาดหอมลดลง ซึ่งใบหอมมีสารที่เป็นสารอัลคาลอยด์ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารสีน้ำเงินและแดง สารสีน้ำเงิน คือ อินดิโก และ Teanglum *et al.* (2012) พบว่า เมื่อนำใบของหม้อมที่ทำการผลิตเป็นตะกอนสีคราม หรือ เนื้อหม้อม ทำให้เกิดสารให้สีของสีครามธรรมชาติเป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง ปฏิกิริยาแรกเป็นการเปลี่ยนสารอินดิแคน ($C_{14}H_{17}O_6N$) ในใบหม้อมเป็นสารอินดอกซิล (C_8H_7ON) ปฏิกิริยาที่สองเป็นการออกซิเดชันสารอินดอกซิลได้สารอินดิโก ($C_{16}H_{10}O_2N_2$) ที่ไม่ละลายน้ำ โครงสร้างทางเคมีของสีครามธรรมชาติ และปฏิกิริยาการเกิดสารให้สีคราม (Vanprasert, 2009) นอกจากนี้ Boondum and Chulaka (2014) รายงานว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายธาตุอาหารมีผลต่อการเติบโตและปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ Nutrient Film Technique (NFT) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 5.5 ให้ผลค่าความสูงของลำต้น และปริมาณไนเตรทของผักกาดฮ่องเต้มากที่สุด ค่าความเป็นกรด-ด่างเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชในระบบการปลูกแบบต่าง ๆ

การศึกษาในครั้งนี้ได้นำห้อม หรือฮ่อม (*Baphicacanthus cusia*) ที่พบในพื้นที่จังหวัดแพร่ มาทดสอบปลูกในดินที่ทำการปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่ระดับ 4.0-8.0 เปรียบเทียบกับชุดควบคุม คือ ดินไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง เพื่อทราบความเหมาะสมของความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของดินต่อการเติบโต และคุณภาพสีของห้อมเพื่อให้ประโยชน์แก่ชุมชนที่มีการปลูกห้อม อันก่อให้เกิดการพัฒนาทางเศรษฐกิจและพัฒนาเป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในอนาคตได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บข้อมูล

1. การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของดิน

ปลูกห้อมเริ่มต้นที่เหมาะสม

1.1) เตรียมดินสำหรับปลูก นำดินเหนียวที่มีลักษณะเป็นสีแดงออกสีน้ำตาล จากพื้นที่มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ ที่ความลึกระดับ 11-20 เซนติเมตร ไปฆ่าเชื้อโดยใช้เครื่อง Autoclave หรือหม้อนึ่งฆ่าเชื้อชนิดไม่ใช้ไฟฟ้า ยี่ห้อ All-American รุ่น 1941X (41 qt/39 L) ของบริษัทยูนิยอน ซายน์ ที่อุณหภูมิตั้งที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ที่ความดัน 1 บาร์ เพื่อกำจัดปัจจัยที่อาจมีผลต่อการเติบโตของพืชนอกเนื่องจากการปรับความเป็นกรด-ด่างในดิน เช่น จุลินทรีย์ในดิน ที่มีผลต่อการเติบโต จากนั้นจึงรอกให้ดินเย็นลง และทำการปรับความเป็นกรด-ด่าง ของดินด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 35% ผสมลงในดิน และทำการตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างที่ต้องการด้วยเครื่องวัดกรด-ด่างสำหรับใช้ในดินโดยตรง มีชุดการทดลองทั้งหมด 10 ชุด การทดลองจำนวน 5 ซ้ำ เป็นจำนวนทั้งสิ้น 50 ถัง

โดยทุกชุดการทดลองมีปริมาณของดินเท่ากัน ดังนี้ ชุดการทดลอง A) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 4.0 ชุดการทดลอง B) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 4.5 ชุดการทดลอง C) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 5.0 ชุดการทดลอง D) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 5.5 ชุดการทดลอง E) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 6.0 ชุดการทดลอง F) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 6.5 ชุดการทดลอง G) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 7.0 ชุดการทดลอง H) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 7.5 ชุดการทดลอง I) คือ ดินที่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น เท่ากับ 8.0 ชุดการทดลอง J) คือ ดินที่ไม่ทำการปรับระดับความเข้มข้นความเป็นกรด-ด่าง จากนั้นทำการปลูกกล้าห้อมชนิด *Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek. อายุ 1 เดือน โดยขนาดเริ่มต้นไม่เท่ากัน จึงต้องทำการวัดขนาดเริ่มต้นของทุกต้น โดยทำการวางชุดการทดลองแบบสุ่มได้โรงเรือนที่มีการพรางแสง 70% ด้วยสแลน โดยค่าความเป็นกรด-ด่างของดินมีการตรวจสอบทุกเดือน

1.2) การติดตามการเติบโตของห้อม ทำการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณเดือนละ 1 ครั้ง หลังทำการย้ายปลูกห้อม เป็นระยะเวลา 8 เดือน ใน 2 ด้านที่

เกี่ยวข้องกับการเติบโต ประกอบด้วย 1) ด้านการเติบโตของห่อม ได้แก่ ความสูงต้น ความยาวราก จำนวนกิ่ง จำนวนใบ และอัตราการรอดชีวิต โดยทำการวัดความสูงต้น และความยาวราก หน่วยเป็นเซนติเมตร ด้วยตลับเมตร ทำการวัดจำนวนกิ่ง และจำนวนใบ ด้วยการนับหน่วยเป็นใบ และกิ่ง และนำจำนวนต้นห่อมที่รอดชีวิตในแต่ละเดือนมาคำนวณผลอัตราการรอดชีวิต (%) คือ (จำนวนพืชที่รอดชีวิต/จำนวนพืชเริ่มต้น) $\times 100$ 2) ด้านปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ค่าความชื้น ค่าแสง ทำการวัดผลด้วยเครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง แสง และความชื้นดิน ที่ความลึก 5 เซนติเมตร เวลา 9.00-12.00 น. ในทุกวันทั้ง 15 ของเดือน โดยเปรียบเทียบกับค่าเก็บผลของข้อมูลเริ่มต้นก่อนย้ายปลูก

1.3) การศึกษาคุณภาพของสีห่อม เมื่อครบระยะเวลาการทดลอง 8 เดือน ทำการเก็บใบ และกิ่งสดมาชั่งน้ำหนัก จดบันทึก จากนั้นนำมาเข้าสู่กระบวนการสกัดเนื้อห่อม โดยทำการแช่ใบห่อมติดกิ่ง 1 ส่วนต่อ น้ำเปล่า 5 ส่วน นาน 3 วัน (72 ชั่วโมง) เมื่อได้น้ำสีคราม (Figure 1) แล้วทำให้ครามตกตะกอนโดยเติมปูนขาว 10 กรัมต่อน้ำคราม 1 ลิตร ตีน้ำครามด้วยไม้ตีจนน้ำเป็นฟองสีน้ำเงินเข้มทิ้งไว้ข้ามคืนให้เนื้อครามตกตะกอน แล้วกรองน้ำสีโดยผ่านถุงผ้าด้ายดิบ แล้วบีบน้ำให้สีแห้งเหลือเฉพาะตะกอนสี หรือเนื้อห่อม แล้วนำเนื้อห่อมที่ได้ไปผ่านการชั่งน้ำหนัก บันทึกผลค่าน้ำหนัก (Kongdee, 2008) เพื่อให้ทราบว่าคุณภาพทดลองที่ให้น้ำหนักเนื้อห่อมที่มากที่สุด จากนั้นนำเนื้อห่อมมาทำการก่อหม้อ โดยการผสมเนื้อห่อม 1 ส่วน ต่อ น้ำด่างจากขี้เถ้า 3 ส่วน ต่อ กรดหรือน้ำมะขาม $\frac{1}{2}$ ส่วน ให้เข้าด้วยกัน และตีจนเกิดเป็น

ฟองอากาศทิ้งไว้ 1 คืน (24 ชั่วโมง) หลังจากนั้นให้ทำการโຈก (การโຈก คือ การตักน้ำและเทใส่ในหม้อเดิมซ้ำไปมา) เข้า-เย็นเป็นเวลา 3 วัน (72 ชั่วโมง) จนได้สีน้ำข้อมเป็นสีเหลือง จากนั้นนำไปวิเคราะห์คุณภาพสี และปริมาณลิวโคอินดิโกที่ได้

1.3.1) วิเคราะห์คุณภาพสี โดยนำน้ำก่อหม้อมาระบายสีลงบนกระดาษที่มีน้ำหนักความหนา 80 แกรม ขนาด 20x20 เซนติเมตร รอจนแห้ง และระบายสีซ้ำอีกรอบ (Figure 1) จากนั้นนำน้ำก่อหม้อไปทดสอบคุณภาพการย้อมสีโดยการวัดปริมาณสีอินดิโก ด้วยวิธี Spectrophotometric determination โดยใช้ด้วยวิธี Ethyl acetate method และศึกษาประสิทธิภาพการให้สีโดยวิเคราะห์ค่า $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Hunter lab (บอกยี่ห้อเครื่องมือกำกับ, ประเทศผู้ผลิต) จากนั้นนำไปวิเคราะห์ค่า $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่อง Hunter Lab ยี่ห้อ ColorFlex EZ (Kongdee, 2008) ค่า $L^* a^* b^*$ เป็นหน่วยการวัดสีให้เป็นมาตรฐาน กำหนดโดยองค์กร CIE (Commission International de l'Eclairage โดยค่า L^* บ่งบอกถึง ความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100 โดย 0 คือ สีดำ และ 100 คือ สีขาว ค่า a^* บ่งบอกถึงสีเขียว เป็นค่าติดลบ ($-a^*$) จนถึงสีแดง เป็นค่าที่เป็นบวก ($+a^*$) และค่า b^* บ่งบอกค่าสีน้ำเงิน เป็นค่าติดลบ ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง เป็นค่าที่เป็นบวก ($+b^*$) ดังนั้น สำหรับสีของผ้าที่ย้อมด้วยห่อม ควรมีค่า L^* มีแนวโน้มไปทาง 0 ที่สุด เนื่องจากต้องการให้มีสีเข้ม หรือทึบ ค่า a^* และ b^* ควรมีแนวโน้มไปทางลบมากที่สุด ($-a^*, -b^*$) เนื่องจากต้องการขึ้นตัวอย่างที่เป็นสีเขียว และสีน้ำเงิน

1.3.2 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณลิวโคอินดิโก โดยวิเคราะห์จากค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร โดยนำตัวอย่างหรือน้ำ

ก่อนหม้อมาอย่างละ 1 มิลลิลิตร แล้วเติมสารละลาย
อิมตัวของโซเดียมไดไทโอไนต์ในสารละลาย
โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 2 นอร์มอล
ลงไป 1 มิลลิลิตร จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบกับ
กราฟมาตรฐานเพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของลิ
โคอินดิโก ซึ่งเป็นสารไม่มีสี แต่ในหม้อย้อมหม้อม
มีสีเหลือง และละลายน้ำได้ จึงสามารถเข้าไปยั
คติดในเส้นใยได้ และเมื่อรวมตัวกับออกซิเจนใน
อากาศจะกลายเป็นสีน้ำเงินติดที่เส้นใยผ้า

(กระทรวงวิทย์, 2549) โดยปกติในหม้อมีสารอินดิ
แคน (Indican) ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นอินดิโก
(Indigo) ซึ่งไม่สามารถละลายน้ำได้ ส่งผลให้เม็ดสี
ไม่แตกตัว และเส้นใยไม่สามารถดูดซับได้ แต่
สามารถรีดิวซ์ให้เป็นลิโคอินดิโกซึ่งสามารถ
ละลายน้ำได้ ส่งผลให้เม็ดสีแตกตัวและเข้าไปยั
คติดในเส้นใยได้ ดังนั้น ปริมาณลิโคอินดิโกจึงบ่ง
บอกถึงคุณภาพการย้อมสี

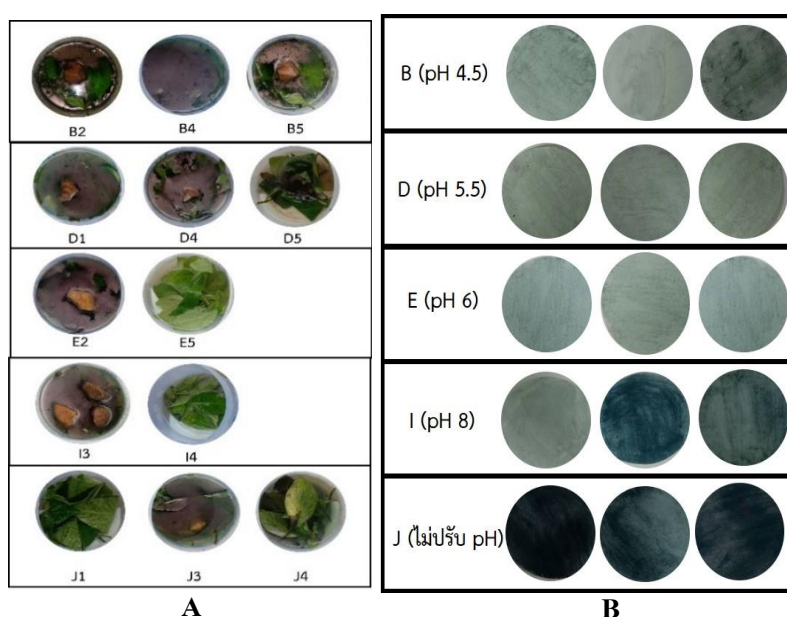


Figure 1. The fresh leaf maceration in 4 days (A) and the color of Assam Indigo (B) were shown.

1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ วิเคราะห์ความ
แปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความ
แตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new
multiple range test (MRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95
เปอร์เซ็นต์ โดยโปรแกรม SPSS เวอร์ชัน 16.0

ผลและวิจารณ์

1. อัตราการรอดชีวิตของหม้อม

อัตราการรอดชีวิตของหม้อมภายหลังการ
ทดลองปลูกในดินที่มีการปรับความเป็นกรด-ด่าง

จากการทำการทดลอง 5 ซ้ำ (Table 1) พบว่าที่ชุด
การทดลอง B คือ ดินที่ทำการปรับ ความเป็นกรด-
ด่าง เป็น 4.5 ชุดการทดลอง D คือ ดินที่ทำการปรับ
ความเป็นกรด-ด่างเป็น 5.5 และชุดการทดลอง J
คือ ดินที่ทำการไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง มีอัตรา
การรอดชีวิตสูงสุด เท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์
รองลงมา คือ ชุดการทดลอง E คือ ดินที่ทำการ
ปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 6.0 และชุดการ
ทดลอง I คือ ดินที่ทำการปรับความเป็นกรด-ด่าง
เป็น 8.0 มีอัตราการรอดชีวิต เท่ากับ 40 เปอร์เซ็นต์

สอดคล้องกับการศึกษาของ Everhart (1994) รายงานว่าเมื่อความเป็นกรด-ด่างของดินเป็นกรดหรือด่างมากเกินไปส่งผลให้ธาตุอาหารต่าง ๆ นั้น

มีประโยชน์ต่อพืชลดลงโดยทั่วไปต้นไม้ไม่สามารถเติบโตได้ดีในดินที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อนถึงเป็นกลาง (pH 6-7.5)

Table 1 The percentage of plant survival rate (%.month⁻¹) after treatment with different pH values during 8 months after transplanting. The value showed mean ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation (S.D.)

Treatment	Survival rate							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A (pH 4.0)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	80 $\pm$ 40	80 $\pm$ 40	0 ^c $\pm$ 0	0 ^d $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0
B (pH 4.5)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	60 ^b $\pm$ 55	60 ^b $\pm$ 55	60 ^a $\pm$ 55	60 ^a $\pm$ 55
C (pH 5.0)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	80 $\pm$ 40	80 $\pm$ 40	40 ^b $\pm$ 49	0 ^d $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0
D (pH 5.5)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	60 $\pm$ 55	60 $\pm$ 55	60 ^b $\pm$ 55	60 ^b $\pm$ 55	60 ^a $\pm$ 55	60 ^a $\pm$ 55
E (pH 6.0)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	80 $\pm$ 40	80 $\pm$ 40	40 ^b $\pm$ 49	40 ^c $\pm$ 49	40 ^b $\pm$ 49	40 ^b $\pm$ 49
F (pH 6.5)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^d $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0
G (pH 7.0)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^d $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0
H (pH 7.5)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	80 $\pm$ 40	80 $\pm$ 40	0 ^c $\pm$ 0	0 ^d $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0	0 ^c $\pm$ 0
I (pH 8.0)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	60 ^b $\pm$ 55	60 ^b $\pm$ 55	40 ^b $\pm$ 49	40 ^b $\pm$ 49
J (Not adjust pH)	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	100 $\pm$ 0	80 ^a $\pm$ 40	80 ^a $\pm$ 40	60 ^a $\pm$ 55	60 ^a $\pm$ 55
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	*	*
P-values	-	-	0.271	0.271	0.000	0.000	0.016	0.016

Note: ns = mean was not significant differences at $p < 0.05$

* = mean was significant differences at $p < 0.05$

^{a-c} = mean values with the same letter were not significantly different at $p < 0.05$

2. การเปลี่ยนแปลงปัจจัยสิ่งแวดล้อม

2.1 การเปลี่ยนแปลงความชื้นดิน (soil moisture content) โดยทำการวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้นทุกเดือนเป็นระยะเวลา 8 เดือน (Table 2) พบว่าเดือนที่ 1-4 ชุดการทดลองทั้ง 10 ชุด มีความชื้นในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในขณะที่เดือนที่ 5-8 ชุดการทดลองมีความชื้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และพบว่า ชุดการทดลองมีปริมาณความชื้นเฉลี่ยตลอด 8 เดือนไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในช่วง 4 เดือนแรก ความชื้นในดินมีแนวโน้มต่ำกว่า 4 เดือนหลัง ซึ่ง

บางส่วนอาจมาจากสภาพอากาศมาเกี่ยวข้อง เนื่องจากเดือนที่ 1-4 ได้ทำการศึกษาด้านห่อหมในช่วงฤดูร้อน และเดือนที่ 5-8 เป็นฤดูฝน โรงเรือนที่ทำการวางชุดทดลองนั้นเราได้ทำการพรางแสงด้วยสแลนพรางแสงที่ 70% ซึ่งไม่สามารถกันน้ำฝนได้ ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำในโรงเรือนได้ ซึ่งความชื้นที่มากเกินไปอาจส่งผลต่อการเติบโตของเชื้อก่อโรค ซึ่งเป็นบ่อเกิดของโรครากเน่าในห่อหม เป็นสาเหตุต่อการเสียชีวิตของพืช และมีผลต่อการเติบโตของพืช การเจริญของราก การตายของพืชมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนั้น

สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดิน ที่มีรายงานว่า เมื่อความชื้นเพิ่มขึ้นรากเจริญเติบโตได้ดี มีการแตกแขนงดีขึ้น แต่เมื่อความชื้นลดลงเล็กน้อยจะส่งผลให้รากไม่เจริญ (Hendrick and Pregitzer, 1996; Sadoodee and Chiso, 2008; Wiriya-Alongkom *et al.*,

2012) นอกจากนั้น Zeng *et al.* (2010) รายงานว่า รากเจริญได้ดีที่สุดในความชื้นประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าเมื่อความชื้นสูงเกินไปอาจส่งผลให้เกิดการตายของพืชได้ง่ายขึ้น

Table 2 Percentage of average soil moisture content in each soil treatment which collected in every month. The value showed mean ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation (S.D.).

Treatment	Soil moisture content (%.month ⁻¹)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{x}$
A (pH 4.0)	100 ^a ±0	85 ^a ±30	98 ^a ±4	74 ^b ±15	95±10	100±0	100±0	100±0	94 ^a ±9
B (pH 4.5)	94 ^a ±12	100 ^a ±0	100 ^a ±0	94 ^b ±8	100±0	100±0	100±0	100±0	98 ^a ±3
C (pH 5.0)	85 ^b ±30	100 ^a ±0	100 ^a ±0	82 ^b ±12	97±4	99±2	100±0	99±2	95 ^a ±7
D (pH 5.5)	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100 ^a ±0	89 ^b ±15	100±0	100±0	100±0	100±0	99 ^a ±4
E (pH 6.0)	87 ^b ±24	92 ^a ±16	100 ^a ±0	70 ^c ±23	98±4	100±0	100±0	100±0	93 ^a ±10
F (pH 6.5)	96 ^a ±5	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100±0	100±0	100±0	100±0	99 ^a ±1
G (pH 7.0)	89 ^b ±14	97 ^a ±6	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100±0	100±0	100±0	100±0	98 ^a ±4
H (pH 7.5)	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100 ^a ±0	100±0	100±0	100±0	100±0	100 ^a ±0
I (pH 8.0)	65 ^b ±25	86 ^a ±15	97 ^a ±4	100 ^a ±0	100±0	100±0	100±0	100±0	93 ^a ±12
J (Not adjust pH)	25 ^c ±13	32 ^b ±16	88 ^b ±9	78 ^b ±25	92±9	98±4	99±2	98±4	76 ^a ±28
F-test	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
P-values	0.000	0.000	0.000	0.000	0.106	0.262	0.228	0.262	0.230

Note: ns = mean was not significant differences at $p < 0.05$

* = mean was significant differences at $p < 0.05$

^{a-c} = mean values with the same letter were not significantly different at $p < 0.05$

2.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (light intensity) โดยตรวจวัดทุกเดือนเป็นระยะเวลา 8 เดือน (Table 3) พบว่าเดือนที่ 1-6 ชุดการทดลองทั้ง 10 ชุด ได้รับแสงในโรงเรือนที่ความเข้มแสงไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ในเดือนที่ 7-8 ทุกชุดการทดลองได้รับความเข้มแสงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตลอด 8 เดือนชุดการทดลอง B ได้รับแสงในโรงเรือนสูงที่สุดเฉลี่ย 116.87 LUX ในโรงเรือนมีค่าของแสงอยู่ระหว่าง 20-125 LUX ซึ่งโรงเรือนเป็นการ

พรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ โดยการศึกษาของ Putiworanart *et al.* (2014) กล่าวว่า ห้อยที่ปลูกในโรงเรือนพรางแสง 70 เปอร์เซ็นต์ ส่งเสริมให้การเติบโตของห้อยดีที่สุด โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น ความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดใบเพิ่มขึ้นสูงที่สุดเมื่อเทียบกับการพรางแสงที่เปอร์เซ็นต์อื่น ๆ ความเข้มแสงมีปัจจัยโดยตรงต่อการสังเคราะห์แสงของพืช เช่น ในช่วงที่ฟ้าหลัวหรือในฤดูฝนที่มีกลุ่มเมฆหรือไอน้ำในอากาศมาบดบังแสง จากดวงอาทิตย์

พืชอาจแสดงอาการเครียดชะงักการเจริญเติบโต ผลฝ่อหรือหลุดร่วงจากต้น

2.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำการติดตามในทุกเดือน (Table 4) พบว่า ทุกชุดการทดลองในเดือนที่ 1-6 มีความเป็นกรด-ด่างแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) และเดือนที่ 7-8 ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) โดยมีความเป็นด่างเพิ่มขึ้นในทุกเดือน ความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นไม่ว่าจะเป็นกรดแก่ หรือ ด่างปานกลาง เมื่อเดือนสุดท้ายของการทดลองดินจะมีความเป็นด่างปานกลาง คือ 7.4-7.8 จากรายงานของ Boonaree (2001) กล่าวว่า ดินที่มีความเป็นด่างนั้นเป็นดินที่มีปริมาณเกลือชนิดต่าง ๆ ที่ละลายน้ำได้ปะปนในเนื้อดินสูง โดยเกลือเหล่านี้อาจมาจากหินหรือแร่ที่อมเกลืออยู่เมื่อสลายตัวหรือผุพังไปโดย

กระบวนการทางเคมีและทางกายภาพจะปลดปล่อยเกลือต่าง ๆ เกลือเหล่านี้อาจสะสมอยู่กับที่หรือเคลื่อนตัวไปเมื่อมีน้ำไหลผ่าน ภายหลังจากที่น้ำระเหยไปแล้วทำให้มีเกลือเหลือสะสมในดินจนเป็นอันตรายต่อพืช เนื่องจากพืชไม่สามารถดูดน้ำเข้าสู่ระบบรากได้ ส่งผลให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโต และเป็นต้นเหตุที่ทำให้ดินห่อมีอัตราการรอดชีวิตน้อยมาก และปัจจัยต่อการเจริญเติบโตของห่ออาจมาจากปัจจัยอื่นร่วมด้วย ดังนั้น การประยุกต์ใช้ดินห่อเพื่อนำไปแก้ไขดินที่เป็นกรดจึงสามารถเห็นประสิทธิภาพได้ดี เนื่องจากเมื่อเริ่มปลูกก่อนข้างเป็นกรด (pH 4.5) ยังทำให้ดินเป็นด่างเพิ่มมาถึง 7.8 ได้แสดงให้เห็นประโยชน์ของห่ออีกแนวทางหนึ่ง คือ การใช้เพื่อปรับปรุงดินกรดให้เป็นด่าง โดยไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารเคมีใด ๆ ทั้งสิ้น

Table 3 The average of light intensity in each month which related to growth of plants. The value showed mean ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation (S.D.).

Treatment	Light intensity (Lux.month ⁻¹)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{x}$
A (pH 4.0)	30 $\pm$ 37	70 $\pm$ 40	65 $\pm$ 37	30 $\pm$ 29	30 $\pm$ 36	30 $\pm$ 36	50 ^b $\pm$ 40	40 ^d $\pm$ 34	43 ^d $\pm$ 16
B (pH 4.5)	120 $\pm$ 98	120 $\pm$ 98	125 $\pm$ 92	120 $\pm$ 98	120 $\pm$ 98	100 $\pm$ 89	110 ^a $\pm$ 59	120 ^a $\pm$ 68	117 ^a $\pm$ 7
C (pH 5.0)	20 $\pm$ 19	20 $\pm$ 19	25 $\pm$ 16	30 $\pm$ 37	20 $\pm$ 18	30 $\pm$ 37	30 ^c $\pm$ 40	20 ^d $\pm$ 5	24 ^c $\pm$ 5
D (pH 5.5)	25 $\pm$ 22	45 $\pm$ 33	45 $\pm$ 33	55 $\pm$ 40	25 $\pm$ 22	45 $\pm$ 33	25 ^c $\pm$ 37	45 ^d $\pm$ 5	39 ^d $\pm$ 11
E (pH 6.0)	35 $\pm$ 37	40 $\pm$ 34	55 $\pm$ 40	35 $\pm$ 37	35 $\pm$ 37	30 $\pm$ 37	40 ^b $\pm$ 34	30 ^d $\pm$ 29	37 ^d $\pm$ 7
F (pH 6.5)	55 $\pm$ 40	55 $\pm$ 40	35 $\pm$ 37	35 $\pm$ 37	55 $\pm$ 40	55 $\pm$ 40	40 ^b $\pm$ 38	60 ^c $\pm$ 38	49 ^d $\pm$ 10
G (pH 7.0)	80 $\pm$ 98	100 $\pm$ 90	80 $\pm$ 75	80 $\pm$ 74	80 $\pm$ 97	85 $\pm$ 70	100 ^a $\pm$ 60	95 ^c $\pm$ 63	87 ^c $\pm$ 9
H (pH 7.5)	85 $\pm$ 41	85 $\pm$ 70	75 $\pm$ 71	85 $\pm$ 70	85 $\pm$ 70	85 $\pm$ 70	75 ^b $\pm$ 32	75 ^c $\pm$ 24	81 ^c $\pm$ 6
I (pH 8.0)	105 $\pm$ 84	125 $\pm$ 67	95 $\pm$ 60	105 $\pm$ 56	105 $\pm$ 84	100 $\pm$ 89	110 ^a $\pm$ 59	110 ^b $\pm$ 80	107 ^b $\pm$ 9
J (Not adjust pH)	85 $\pm$ 70	90 $\pm$ 64	80 $\pm$ 66	55 $\pm$ 29	85 $\pm$ 70	80 $\pm$ 98	50 ^b $\pm$ 58	90 ^c $\pm$ 66	77 ^c $\pm$ 15
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	*
P-values	0.150	0.126	0.199	0.110	0.150	0.307	0.033	0.014	0.00

Note: ns = mean was not significant differences at $p < 0.05$

* = mean was significant differences at $p < 0.05$

^{a-c} = mean values with the same letter were not significantly different at $p < 0.05$

Table 4 The average of soil pH after transplanting in each month. The value showed mean ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation (S.D.).

Treatment	Soil pH								
	1	2	3	4	5	6	7	8	$\bar{x}$
A (pH 4.0)	4.0 ^a ±0.0	6.5 ^d ±1.4	6.8 ^c ±1.0	7.3 ^b ±0.3	7.3 ^b ±0.3	7.3 ^c ±0.3	7.6±0.4	7.8±0.3	6.8 ^c ±0.3
B (pH 4.5)	4.5 ^b ±0.0	6.7 ^d ±0.3	6.9 ^c ±0.4	6.9 ^b ±0.4	7.1 ^b ±0.2	7.1 ^c ±0.2	7.4±0.5	7.6±0.5	6.8 ^c ±0.3
C (pH 5.0)	5.0 ^c ±0.0	6.9 ^c ±0.4	7.1 ^c ±0.4	7.1 ^b ±0.4	7.1 ^b ±0.4	7.2 ^c ±0.3	7.2±0.3	7.7±0.4	6.9 ^c ±0.3
D (pH 5.5)	5.5 ^d ±0.0	6.7 ^d ±0.6	7.0 ^c ±0.3	7.0 ^b ±0.3	7.1 ^b ±0.2	7.1 ^c ±0.2	7.1±0.3	7.4±0.4	6.9 ^c ±0.2
E (pH 6.0)	6.0 ^e ±0.0	6.7 ^d ±0.3	7.0 ^c ±0.0	7.0 ^b ±0.0	7.2 ^b ±0.2	7.2 ^c ±0.3	7.4±0.4	7.6±0.4	7.0 ^c ±0.1
F (pH 6.5)	6.5 ^f ±0.0	6.4 ^e ±0.2	6.5 ^d ±0.3	6.9 ^b ±0.4	7.2 ^b ±0.3	7.5 ^b ±0.5	7.5±0.5	7.9±0.2	7.0 ^c ±0.2
G (pH 7.0)	7.0 ^g ±0.0	7.0 ^c ±0.0	7.2 ^b ±0.3	7.3 ^b ±0.3	7.3 ^b ±0.3	7.2 ^c ±0.3	7.3±0.3	7.5±0.3	7.2 ^d ±0.1
H (pH 7.5)	7.5 ^h ±0.0	7.3 ^b ±0.3	7.3 ^b ±0.3	7.2 ^b ±0.3	7.2 ^b ±0.3	7.2 ^c ±0.3	7.2±0.3	7.9±0.2	7.3 ^c ±0.2
I (pH 8.0)	8.0 ⁱ ±0.0	7.0 ^c ±0.6	7.1 ^c ±0.4	7.3 ^b ±0.4	7.3 ^b ±0.3	7.3 ^c ±0.3	7.6±0.2	7.6±0.4	7.4 ^b ±0.2
J (Not adjust pH)	7.7 ⁱ ±0.4	7.7 ^a ±0.4	7.7 ^a ±0.4	8.0 ^a ±0.4	7.8 ^a ±0.4	7.8 ^a ±0.4	7.5±0.4	7.5±0.4	7.7 ^a ±0.3
F-test	*	*	*	*	*	*	ns	ns	*
P-values	0.000	0.019	0.019	0.017	0.009	0.018	0.064	0.358	0.000

Note: ns = mean was not significant differences at $p < 0.05$

* = mean was significant differences at $p < 0.05$

^{a-c} = mean values with the same letter were not significantly different at $p < 0.05$

3. การเติบโตของห้อม

ผลการศึกษาการเติบโตของห้อม ได้แก่ ความยาวราก ความสูงลำต้น จำนวนกิ่ง และจำนวนใบ ของค่าเฉลี่ยในแต่ละชุดการทดลอง (Table 5) พบว่าชุดการทดลอง B มีการเติบโตของรากดีที่สุด เนื่องจากความยาวรากเริ่มต้น เท่ากับ 15.67 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง อาจเกิดจากปัจจัยสภาพแวดล้อมในการปลูก เช่น ความชื้น และแสงร่วมด้วย โดยชุดการทดลองดังกล่าวมีการเติบโต คือ มีความยาว เท่ากับ 20.83 เซนติเมตร ซึ่งยาวเพิ่มขึ้น 5.16 เซนติเมตร มีความสูงลำต้นเริ่มต้น เท่ากับ 18.17 เซนติเมตร เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีความสูง เท่ากับ 28.83 เซนติเมตร ซึ่งเพิ่มขึ้น 10.66 เซนติเมตร มีจำนวนกิ่งเริ่มต้น เท่ากับ 1.67 กิ่ง เมื่อสิ้นสุดการทดลอง

พบว่ามีจำนวน เท่ากับ 3.33 กิ่ง ซึ่งเพิ่มขึ้น 1.66 กิ่ง และมีจำนวนใบเริ่มต้น เท่ากับ 5.67 ใบ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีจำนวน เท่ากับ 20.67 ใบ ซึ่งเพิ่มขึ้น 15 ใบ สอดคล้องกับการศึกษาของ Kanthiya and Aumtong (2014) กล่าวว่า เมื่อความเป็นกรด-ด่างในดินลดลง พบว่า ปริมาณ Fe-P, P-Red, Ca-P สูงขึ้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ จึงกล่าวได้ว่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเติบโตและอัตราการรอดชีวิตของต้นห้อม Everhart (1994) กล่าวว่า สำหรับพืชทั่วไปความเป็นกรด-ด่างในดินที่เหมาะสมต่อการเติบโต อยู่ในช่วง 6-7 อย่างไรก็ตามจากการศึกษาการเติบโตของห้อมที่ทำการปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นในดินที่ความเข้มข้น 4.5 ให้การเจริญเติบโตแก่ห้อม และมีอัตราการรอดชีวิตสูงที่สุด

จาก Figure 2 แสดงให้เห็นต้นหอมที่เหลือรอดชีวิตหลังการทดลองปลูกในดินที่ทำการปรับความเป็นกรด-ด่างต่างกันเป็นระยะเวลา 8 เดือน ได้แก่ ชุดการทดลอง B, D, E, I และ J โดยชุดการทดลอง B คือ ดินที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง 4.5 มีการเติบโตดีที่สุด เนื่องจากความสูงของลำต้น และจำนวนใบสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับทุกชุดการทดลองที่เหลือรอดชีวิต และชุดการทดลอง I คือ ดินที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง 8 เป็นชุดการทดลองที่มีการเติบโตต่ำที่สุด ซึ่งมีความสูงลำต้น และจำนวนใบต่ำที่สุด

4. คุณภาพของสีหอม

น้ำหนักใบสดหลังการทดลองปลูกในดินที่ปรับความเป็นกรด-ด่าง เป็นระยะเวลา 8 เดือน (Table 6) พบว่าชุดการทดลอง B (ดินที่ปรับความเป็นกรด-ด่างเป็น 4.5) มีน้ำหนักใบสดเฉลี่ยเท่ากับ 16.67 กรัม หลังจากสกัดเป็นเนื้อหอม ปริมาณเท่ากับ 9.21 กรัม เป็นน้ำหนักที่มากที่สุด รองลงมา คือชุดการทดลอง J (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง) มีน้ำหนักใบสดเฉลี่ย เท่ากับ 13.33 กรัม หลังจากสกัดเป็นเนื้อหอม มีปริมาณ 2.61 กรัม แสดงว่า น้ำหนักใบสดไม่ได้มีผลต่อเนื้อหอมที่ได้ แต่ขึ้นอยู่กับปริมาณสีที่มีอยู่ในใบหอม แสดงให้เห็นว่าเนื้อหอมนั้นเกิดจากการตกตะกอนของเม็ดสีที่ได้จากการแช่น้ำของใบหอม โดยปกติกระบวนการนี้เมื่อทำการแช่น้ำเป็นเวลา 3 คืน น้ำจะเปลี่ยนเป็นสีเขียว คราม หรือมีเมือกสีม่วงปก

คลุมอยู่บริเวณผิวน้ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chanayath (2001) พบว่าการหมักใบหอมสดในน้ำ ระยะเวลา 1 วัน ได้ค่าตะกอนสี 0.005 มิลลิกรัม ต่อน้ำหนักใบสด 1 กรัม โดยสารสีที่สกัดได้จากใบหอม เป็นสารอัลคาลอยด์ ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารสีน้ำเงินและแดง สารสีน้ำเงิน คือ อินดิโก และ Teanglum *et al.* (2012) สกัดสีจากหอมโดยการนำใบของหอมที่เก็บได้ มาแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง จากนั้นแยกใบหอมออกจากสารละลายที่มีสีคราม ซึ่งสารละลายสีครามจะตกตะกอนด้านล่างแล้วนำสารละลายสีครามมา กวน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนสารละลายสีครามมีสีน้ำเงินคงที่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจากชุดการทดลอง J (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง) เป็นชุดการทดลองที่เหมาะสมที่สุดในการก่อกวนหอม เนื่องจากให้คุณภาพสีที่บ และสีน้ำเงินดีที่สุด และตัวอย่างที่ให้คุณภาพที่ให้สีอินดิโกสูงสุด คือ ชุดการทดลอง J (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง) และ B (ความเป็นกรด-ด่าง 4.5) ที่ให้ค่าสารเคมีลิวโคอินดิโก เท่ากับ 88.53 และ 77.20 ไมโครมิลลิลิตร สอดคล้องกับการศึกษาของ Takengkul and Chanchay (2018) พบว่า หอมในพื้นที่บ้านแม่ถั่วให้คุณภาพสีหอมได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ ในทุก ๆ จุด จากการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* และ b^* พบว่า ค่า a^* และ b^* ติดลบมาก แสดงว่าความเข้มของสีเขียวมาก และความเข้มสีฟ้ามาก ในขณะที่ค่า L^* บ่งบอกว่า เป็นสีที่มีการทะลุผ่านของแสงได้มาก พื้นที่แม่ถั่วมีค่า L^* ต่ำกว่าพื้นที่อื่น ๆ และทุก ๆ จุด

Table 5 Comparative growth quantity of plants includes root length (cm), stem height (cm), branches number and leaf number. The value showed mean ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation (S.D.).

Treatment	Root length		Stem height		Branches number		Leaf number	
	0	8	0	8	0	8	0	8
	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month
B (pH 4.5)	15.67 ^c ±2.62	20.83 ^a ±3.57	18.17 ^b ±1.03	28.83 ^a ±3.01	1.67 ^c ±0.94	3.33 ^a ±1.25	5.67 ^c ±2.36	20.67 ^a ±1.25
D (pH 5.5)	16.67 ^b ±6.51	18.33 ^b ±5.44	16.67 ^c ±6.51	25.67 ^b ±5.95	3.33 ^a ±1.70	2.33 ^{ab} ±0.94	11.33 ^a ±5.25	17.67 ^b ±7.72
E (pH 6.0)	15.00 ^c ±2.50	16.50 ^c ±11.25	15.00 ^d ±2.50	12.33 ^d ±7.00	1.00 ^c ±0.51	1.33 ^{ac} ±1.00	5.33 ^c ±0.00	11.00 ^d ±6.50
I (pH 8.0)	9.67 ^d ±3.00	13.50 ^d ±6.75	12.33 ^c ±2.00	17.00 ^c ±2.50	2.00 ^b ±2.00	0.67 ^c ±0.00	6.67 ^b ±4.00	10.50 ^c ±0.50
J (Not adjust pH)	20.50 ^a ±3.12	16.25 ^c ±4.87	21.00 ^a ±0.71	26.50 ^a ±3.09	3.50 ^a ±0.47	3.00 ^{ab} ±0.94	12.00 ^a ±2.82	19.50 ^c ±5.31
F-test	*							
P-values	0.000							

Note: * = mean was significant differences at $p < 0.05$

^{a-c} = mean values with the same letter were not significantly different at $p < 0.05$

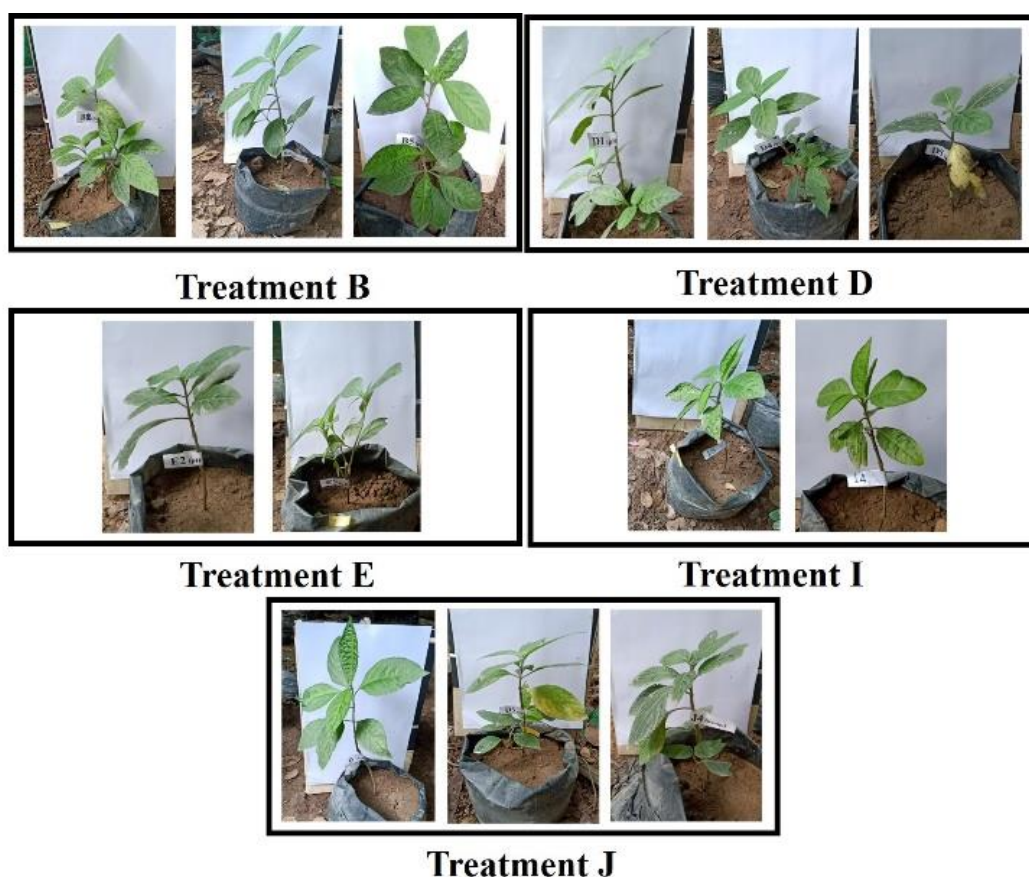


Figure 2 The treatments of survivor after treatment with different pH values during 8 months after transplanting: treatment B pH 4.5, treatment D pH 5.5, treatment E 6.0, treatment I pH 8.0 and treatment J Control (not adjust pH)

Table 6 The average of fresh coloring yields and indigo dyeing value. The value showed mean ($\bar{x}$) $\pm$ standard deviation (S.D.).

Treatment	Weight (gm)		Hunter Lab			Leuco-indigo (μ ml)
	Fresh leaf	Indigo press	L*	a*	b*	
B (pH 4.5)	16.67 ^a $\pm$ 11.55	9.21 ^a $\pm$ 9.22	28.34 ^b $\pm$ 4.70	-4.83 ^c $\pm$ 2.04	-3.09 ^b $\pm$ 0.77	77.20 ^a $\pm$ 7.08
D (pH 5.5)	11.67 ^c $\pm$ 7.64	4.21 ^b $\pm$ 3.98	39.98 ^d $\pm$ 3.74	-4.71 ^c $\pm$ 2.36	-0.12 ^c $\pm$ 1.12	64.23 ^b $\pm$ 6.93
E (pH 6.0)	10.00 ^c $\pm$ 0.00	1.96 ^d $\pm$ 2.77	36.80 ^c $\pm$ 0.00	-7.80 ^a $\pm$ 0.00	-0.88 ^c $\pm$ 0.00	52.13 ^c $\pm$ 0.00
I (pH 8.0)	5.00 ^d $\pm$ 0.00	3.25 ^b $\pm$ 3.29	28.74 ^b $\pm$ 13.06	-5.57 ^b $\pm$ 0.85	-5.57 ^a $\pm$ 0.77	48.44 ^d $\pm$ 3.91
J (Not adjust pH)	13.33 ^b $\pm$ 5.77	2.61 ^c $\pm$ 2.26	21.38 ^a $\pm$ 6.61	-3.18 ^d $\pm$ 0.42	-5.93 ^a $\pm$ 0.23	88.53 ^a $\pm$ 10.37
F-test	*					
P-values	0.000					

Note: * = mean was significant differences at $p < 0.05$

^{a-c} = mean values with the same letter were not significantly different at $p < 0.05$

สรุป

การปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นของดินปลูกห้อมเป็น 4.5 มีค่าความชื้นในดินเฉลี่ย 96.25 เปอร์เซ็นต์ ค่าแสงในโรงเรือนเฉลี่ย 101.87 Lux ให้การเติบโตของต้นห้อมดีที่สุด ขณะที่ดินที่ไม่มีการปรับความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้น ให้ค่าคุณภาพสีของเนื้อห้อมที่ดีที่สุด เนื่องจากมีค่า L* a* และ b* เหมาะสม และให้ค่าลิวโคอินดิโกสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดการทดลองอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม ดินที่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างนับว่ายังให้คุณภาพสีห้อมที่ดีอยู่ในระดับมาตรฐาน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อการเติบโต และให้ผลผลิตของเนื้อห้อมที่มากพอในการผลิตสีย้อมธรรมชาติในอุตสาหกรรมผ้าพื้นเมือง ดังนั้น การปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของดินเริ่มต้น นับว่ามีส่วนช่วยแก้ปัญหาดินเปรี้ยวและนำมาซึ่งประโยชน์ในการพัฒนาเชิงเศรษฐกิจชุมชนด้านการอนุรักษ์การใช้สีย้อมผ้าจากห้อมได้

เอกสารอ้างอิง

- Boondum, S and P. Chulaka. 2014. Effects of pH and Electrical Conductivity Levels of Nutrient Solution on Growth and Nitrate Content of Pak Choi (*Brassica chinensis* var. *chinensis*) Grown in Nutrient Film Technique System (NFT). **Agricultural Science Journal** 45(2): 9-12. (in Thai)
- Booaree, P. 2001. **Tummachadkubviteechumchone-san.** Arts and Culture, Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani. (in Thai)
- Chanayat, N. 2001. **Development of indigo extraction for use in natural dyes.** M.S Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)
- Chanchay, N. 2019. **Study of environmental factors suitable for the growth of Hom (*Strobilanthes cusia*).** pp. 105. In **Hom Local Wisdom Decoding in Phrae Province.** Research report. Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization), Bangkok. (in Thai)
- Everhart., E. 1994. Department of Horticulture. **IOWA State University.** Available on: <http>

- ://www.ipm.iastate.edu/ipmlhortnews1994/4I4-6-1994/ph.html. (Access: December, 27, 2020).
- Hendrick, R. L. and K.S. Pregitzer. 1996. Applications of minirhizotron to understand root function in forests and other natural ecosystems. **Plant and Soil**. 185: 293-304.
- Kanthiya, N and S. Aumtong. 2014. Effects of soils, water regimes and pH on availability of phorus fractions. **Khon Kaen Agriculture Journal** 45 (2): 314-321. (in Thai)
- Kongdee A. 2008. Preparation of pre-modern textiles pp. 1-12. **In Fabric dyeing workshop with natural dyes, natural dye enhancement technology, and textile special enhancement**. Maejo University, Chiang Mai. (in Thai)
- Pinto, E., A.A. Almeida, A.A. Aguiar, and I.M. Ferreira. 2014. Changes in macrominerals, trace elements and pigments content during lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth: Influence of soil composition. **Food Chemistry**. 152: 603-611.
- Putiworanart. M., P. Chai-ai, V. Sangsoi, S. Charoenkid, P. Suriyapromchai, R. Konchom and W. Apai. 2014. **The Testing of Suitable Light Intensity to Growth of *Strobilanthes cusia* (Nees)**. pp. 27-35. **In Research and Development on *Strobilanthes cusia* (Nees) Kuntze Production in Phrae Province**. Department of Agriculture, Phrae province. (in Thai)
- Sadoodee. S, and N. Chiso. 2008. Assessment of the root growth of rubber trees (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) using minirhizotron technique. **King Mongkut's Agricultural Journal** 26: 50-60. (in Thai)
- Siomos, A.S., G. Beis, P.P. Papadopoulou, P. Nasi, I. Kaberidou, and N. Barbayiannis. 2001. Quality and composition of lettuce (cv. 'Plenty') grown in soil and soilless culture. **Proceeding International of Symposium on Growing Media and Hydroponics** Eds., Maloupa and Gerasopoulos, **Acta Horticulture**. 548: 445-449.
- Somseang, S. 2007. **Comparison of colour change of Lychee (*Lichi chinensis* Sonn. (cv. Guang Jao)) preserved by ultra high pressure and heat treatments**. M.S. Thesis. Chiang Mai University, Chiang Mai. (in Thai)
- Takengkul, P and N. Chanchay. 2018. **Some environmental factors on the production quality of the hom**. B.S Thesis. department of Science in Biotechnology. Maejo University Phrae Campus, Phrae. (in Thai)
- Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. **Journal of Ecology**. 63: 995-1001.
- Vanprasert S. 2009. **Optimum Condition for Dyeing Silk with Natural Indigo**. M.S. thesis. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Wiriya-Alongkorn W., T. Pankasemsuk, S. Ongprasert and W. Spreer. 2012. Effect of Different Irrigation Treatment on Longan Root Growth Under Split Root Method in Plastic House. pp. 1122-1133. **In Proceedings of the 9th National Kasetsart University Kampaeng Saen Conference**. 4-7 December, 2012. Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Zeng, F., C. Song, H. Guo, B. Liu, W. Luo, D. Gui, S. Arndt, and D. Guo. 2013. Responses of root growth of *Alhagi sparsifolia* Shap. (Fabaceae) to different simulated groundwater depths in the southern fringe of the Taklimakan Desert, China. **Journal of Arid environments Land**. 5: 220-232.

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอด และความหลากหลายชนิดของไม้ต้นต่อการเติบโตของกาแฟอาราบิก้าภายใต้ร่มเงาบริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรกรที่สูงขุนช่างเคี่ยน และสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่

ปณิดา กาจัน๊ะ^{1*} นริศ ยิ้มแย้ม² ชีระพงษ์ เสาวภาคย์¹ และ นลัท มัทวัง¹

รับต้นฉบับ: 30 เมษายน 2564

ฉบับแก้ไข: 14 พฤษภาคม 2564

รับลงพิมพ์: 18 พฤษภาคม 2564

บทคัดย่อ

กาแฟ เป็นพืชเศรษฐกิจเขตร้อนที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการปลูกได้รุ่มในระบบวนเกษตรทั่วโลก การปลูกกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทยได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกและพัฒนาบนพื้นที่สูง เนื่องจากเป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศที่หนาวเย็น เหมาะสำหรับการเจริญเติบโต โดยได้ทำการศึกษาอิทธิพลของความหลากหลายชนิดและปัจจัยแวดล้อมบางประการที่ส่งผลต่อการเติบโตของต้นกาแฟในพื้นที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรกรที่สูงขุนช่างเคี่ยนและสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย ด้วยการวางแผนสำรวจขนาด 30 เมตร x 30 เมตร ในพื้นที่แปลงกาแฟใต้เรือนยอดทั้งสองพื้นที่ โดยทำการระบุชนิด และวัดขนาดความโตไม้้องค์ประกอบ และวัดขนาดความโต และความสูงของต้นกาแฟ ผลการศึกษาพบว่า ชนิดไม้เด่นที่พบในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน เป็นชนิดไม้ในป่าดิบเขา เช่น ทะโล้ และก่อเดือย เป็นต้น มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 30.88 ± 11.21 ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอย ชนิดไม้เด่นเป็นไม้ป่าเบญจพรรณผสมป่าดิบเขา เช่น เลี้ยวดอกขาว มะกอกเกลื้อน และทะโล้ เป็นต้น มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 32.01 ± 7.12 การเติบโตของต้นกาแฟในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีความสูงมากกว่าต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ หนองหอย โดยเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นกาแฟไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความหลากหลายชนิดที่เพิ่มขึ้น และปริมาณร้อยละแสงผ่านเรือนยอดที่มากขึ้นจะมีผลต่อความสูงของต้นกาแฟที่น้อยลงโดยในการจัดการแปลงวนเกษตรที่ปลูกกาแฟใต้เรือนยอดที่มีการปกคลุมประมาณร้อยละ 30 ยังสามารถทำให้กาแฟเติบโตได้ดีทั้งสองพื้นที่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการคงไว้ของชนิดไม้ต้นในแปลงให้รุ่มเงา เพื่อส่งเสริมการเติบโตของกาแฟต่อไป

คำสำคัญ: ปริมาณแสงผ่านเรือนยอด, ความหลากหลายชนิดของไม้ต้น, การเติบโตของต้นกาแฟอาราบิก้า, วนเกษตร

¹ ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

² ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมที่สูง คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

*ผู้รับผิดชอบบทความ: E-mail: panida.kachina@gmail.com

ORIGINAL ARTICLE

Impact of sky openness and tree diversity on growth of coffee under shade in Khun Chang Khian Highland Agricultural Research and Training Station and Nong Hoi Highland Agricultural Station, Chiangmai Province

Panida Kachina^{1*}, Narit Yimyam², Teerapong Soawapak¹, and Nalat Mathawang¹

Received: 30 April 2021

Revised: 14 May 2021

Accepted: 18 May 2021

ABSTRACT

Coffee is one of the most important tropical crops in terms of global trade. Currently, mainly coffee plantation is under the shed of tree in agroforestry systems around the world. The cultivation of Arabica coffee in Thailand has been promoted and developed to the highland cultivation due to the cool and dry weather properly for coffee growth. This study investigates the diversity of trees and tree canopy cover affected coffee growth between Khun Chang khian Highland Agricultural Research and Training Station and Nong Hoi Highland Agricultural Station, Chiangmai Province. Three study plots of 30x 30 m were conducted in both sites. The results showed that in Khun Chang khian station plots was dominated by Lower Montane Forest species such as *Schima wallichii* and *Castanopsis tribuloides* with an average percentage of sky openness 30.88 ± 11.21 . Nong Hoi Station plot was dominated by Mixed Deciduous Forest and Lower Montane Forest species such as *Bauhinia variegata*, *Canarium subulatum*, and *Schima wallichii* with average percentage of sky openness of 32.01 ± 7.12 . The total height of coffee trees in Khun Chang Khian station was higher than the coffee trees in the Nong Hoi area. The diameter of the coffee plant was no different. Tree species diversity and sky openness were negatively affected to the growth of coffee plants in both sites. The management of agroforestry plots with coffee under the shed of trees may be necessary to consider preserving the trees in the plot to promote coffee growth further.

Keywords: sky openness factors, tree diversity, under-shade coffee growth, agroforestry

¹Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² Highland Research and Training Center, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

*Corresponding author: E-mail: panida.kachina@gmail.com

คำนำ

กาแฟ เป็นพืชเศรษฐกิจเขตร้อนที่เป็นที่นิยมอย่างกว้างขวาง ปัจจุบันมีการปลูกในพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงในเขตร้อนทั่วโลก และมีความต้องการทางการตลาดเพิ่มขึ้นทุกปี (International Coffee Organization, 2016) แนวโน้มความนิยมที่เพิ่มมากขึ้นทำให้การปลูกกาแฟที่มีการปลูกแบบใต้ร่ม (shaded coffee plantation) มีรูปแบบเป็นพืชแบบกลางแจ้ง (full-sun) มากยิ่งขึ้น (Jha et al., 2014) ขณะเดียวกันพื้นที่ป่าไม้ได้มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ปลูกกาแฟในระบบวนเกษตร อาจจะส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ (Magrath and Ghazoul, 2015) อย่างไรก็ตามการปลูกพืชในระบบวนเกษตรยังสามารถคงได้ซึ่งการบริการของระบบนิเวศได้ (ecological services) เช่น การผสมเกสร (pollination) การหมุนเวียนธาตุอาหาร (nutrient cycling) การควบคุมแมลงศัตรู (pest controls) และการควบคุมสภาพอากาศ (climate buffering) (Magrath and Ghazoul, 2015)

การปลูกกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทยได้รับการส่งเสริมโดยกรมวิชาการเกษตรและหน่วยงานที่ได้ทดลองปลูกและขยายพันธุ์ โดยสายพันธุ์ที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกเป็นหลักคือ พันธุ์อาราบิก้าเนื่องจากพันธุ์นี้เป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศที่หนาวเย็นในการเจริญเติบโต หรือเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 700 เมตรขึ้นไป จึงส่งผลให้ผลผลิตมีคุณภาพดี ทำให้มีการส่งเสริมให้ปลูกอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน ตลอดจนมีบทบาทต่อการพัฒนาพื้นที่สูงเป็นอย่างดี

มาก โดยสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่อายุ 4 ปีขึ้นไป ซึ่งปกติแล้วกาแฟเป็นพืชที่มีอายุได้ถึง 50 ปี (Angkasit, 2004)

การปกคลุมของชนิดไม้ที่เป็นเรือนยอดเป็นโครงสร้างในระบบวนเกษตร สามารถอธิบายถึงการให้ร่มของเรือนยอด ความหนาแน่นของต้นไม้ และความหลากหลายชนิด ต่างเป็นปัจจัยที่ส่งผลเป็นต่อการบริการทางนิเวศวิทยาได้ ซึ่งพบว่าปัจจัยดังกล่าวอาจมีผลต่อการเติบโตและการให้ผลผลิตของกาแฟ (Wintgens, 2009) ปริมาณแสงธรรมชาติที่กาแฟสามารถเติบโตได้อยู่ในช่วงร้อยละ 20-60 (Muschler, 2008) ซึ่งปัจจัยทางกายภาพที่มีผลต่อกาแฟดังกล่าวที่มาจากการคงอยู่ของไม้ต้นสามารถช่วยลดการระเหยและการคายน้ำของต้นกาแฟ รวมถึงซากพืชที่ร่วงหล่นอาจเป็นวัสดุคลุมดินและการกั้นธาตุอาหาร และระบบรากของไม้ต้นช่วยในการระบายน้ำ ลดความร้อนของอากาศและดิน ตลอดจนส่งเสริมให้มีสภาวะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟ (Boonkird, 1986)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบและประเมินความหลากหลายชนิดไม้ที่คงอยู่ในพื้นที่แปลงกาแฟใต้ร่มในรูปแบบวนเกษตร และประเมินอิทธิพลของปริมาณแสงผ่านเรือนยอดต่อการเติบโตของต้นกาแฟอาราบิก้า ในบริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยนและสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดการแปลงวนเกษตรที่มีกาแฟใต้เรือนยอดให้ถูกต้อง โดยไม่ส่งผลกระทบต่อ

เติบโตของกาแฟ และความหลากหลายของไม้
องค์ประกอบบนพื้นที่สูงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุน
ช่างเคี่ยน (สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน) และสถานีเกษตรที่
สูงหนองหอย (สถานีฯ หนองหอย) เป็นสถานีวิจัย
เพื่อศึกษาและพัฒนาวิชาการความรู้ให้กับเกษตรกร
บนพื้นที่สูงและเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร ได้มี
การเริ่มพัฒนามาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2526 ภายใต้การดูแล
โดยคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มี
กาแฟอาราบิก้า เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ทำกรปลูกใน
พื้นที่ เป็นพื้นที่ต้นแบบเพื่อศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการ
ปลูก การผลิต และการส่งเสริมการปลูกกาแฟอารา
บิก้าในเขตภาคเหนือตอนบน โดยแปลงกาแฟที่
ทำการศึกษาครั้งนี้ เป็นแปลงปลูกกาแฟที่ปลูกได้ไม่
ใหญ่ มีลักษณะเป็นรูปแบบวนเกษตร ส่วนใหญ่
พื้นที่ศึกษาเป็นชาຍป่าติดกับป่าธรรมชาติ โดยสถานี
ฯ ขุนช่างเคี่ยน ตั้งอยู่ในหมู่บ้านขุนช่างเคี่ยน อำเภอ
เมือง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ทั้งหมด 262 ไร่ ระดับ
ความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,200-1,300 เมตร
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 2,495.5 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิ
เฉลี่ยตลอดปี 19.8 องศาเซลเซียส พืชหลักที่ปลูก
ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า และไม้ผลเมืองหนาว ขณะที่
สถานีฯ หนองหอย ตั้งอยู่ที่หมู่บ้านหนองหอย อ.แม่
ริม จ.เชียงใหม่ มีพื้นที่ประมาณ 80 ไร่ ความสูงจาก
ระดับน้ำทะเล 850 - 900 เมตร มีพืชหลักที่ปลูก
ได้แก่ กาแฟอาราบิก้า และพืชผักต่าง ๆ ปริมาณ

น้ำฝนเฉลี่ย 1,354.5 มิลลิเมตรต่อปี และอุณหภูมิ
เฉลี่ยทั้งปี 28.5 องศาเซลเซียส การศึกษาในครั้งนี้ได้
ทำการสำรวจในช่วงเดือนมกราคม ถึง กุมภาพันธ์
สำรวจกาแฟอาราบิก้าในสายพันธุ์คาติมอร์
(Cartimor) ช่วงอายุ 27-30 ปี ซึ่งปลูกตั้งแต่ปี 2529
อยู่ในสภาพได้ร่มเงา มีการจัดการแปลงก่อนปลูก
สายพันธุ์ปลูก และการปฏิบัติทางการเกษตร
เดียวกันทั้ง 2 สถานี

2. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

วางแผนสำรวจที่แปลงกาแฟอาราบิก้า ใน
พื้นที่ได้ร่ม บริเวณสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนและสถานีฯ
หนองหอย โดยทำการวางแผนแบบเจาะจง
(purposive plot) ขนาด 30 เมตร × 30 เมตร จำนวน 3
แปลงสำรวจในแต่ละพื้นที่ (รวมสองพื้นที่ 6 แปลง)
โดยตามระดับความสูงของพื้นที่ปลูกกาแฟได้ร่มไป
จนถึงขอบพื้นที่ปลูกกาแฟที่ติดชายป่า ภายในแปลง
30 เมตร x 30 เมตรแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาด 10x10
เมตร จำนวน 9 แปลง ในการสำรวจภาคสนามทำ
การเก็บข้อมูลของไม้ต้นและต้นกาแฟ ดังต่อไปนี้

2.1 ไม้ต้น

1) ข้อมูลของไม้ต้นในแปลง ทำการ
บันทึกชนิด วัดเส้นรอบวงของไม้ต้นที่มีเส้นรอบวง
มากกว่า 14 เซนติเมตร ที่ระดับความสูง 1.30 เมตร
(Girth at breast height, GBH; cm) ด้วยตลับเมตร วัด
ความสูงทั้งหมด (Total height, Ht; m) และความสูง
กิ่งแรกของไม้ต้น (First branch height, H₁; m) โดย
ใช้เครื่องวัดความสูง Range Finder

2) ภายในแปลงสำรวจทำการวัดขนาด
เรือนยอดของไม้ต้นทั้งหมด 4 ทิศ เพื่อจัดทำภาพ

โครงสร้างด้านตั้ง (Profile diagram) และร้อยละการปกคลุมเรือนยอด (Percentage of crown cover) โดยใช้ข้อมูลความสูงทั้งหมด ความสูงกิ่งแรก ความกว้างของเรือนยอด และพิกัดที่บอกตำแหน่งของไม้ต้นในแผนภาพโครงสร้างด้านตั้ง เพื่อศึกษาชั้นเรือนยอดในแปลงกาแฟได้เริ่มเงา และคำนวณร้อยละพื้นที่แสงส่องผ่านเรือนยอดจากแผนภาพโครงสร้างด้านตั้ง (Appendix Figure 1 and 2)

2.2 ดันกาแฟ

ในแต่ละแปลงย่อยขนาด 10 เมตร x 10 เมตร ทำการสุ่มกาแฟในแปลงย่อยจำนวนแปลงย่อยละ 3 ต้น รวม 21 ต้นต่อแปลง ทำการวัดและบันทึกเส้นผ่านศูนย์กลางด้วย digital vernier caliper ที่ระดับความสูง 15 เซนติเมตรจากพื้นดิน (D_{15} ; cm) (Andrade *et al.*, 2015) และวัดความสูงต้นตัวอย่างด้วย measuring pole (H; m)

3. วิเคราะห์ข้อมูล

1) ดัชนีความสำคัญ (Importance value index, IVI) ของชนิดไม้ที่พบในพื้นที่ศึกษา ทำการคำนวณลักษณะเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดในสังคมพืช โดยค่าดัชนีของแต่ละชนิดได้จากผลรวมของค่า ความถี่สัมพัทธ์ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ และ ความเด่นสัมพัทธ์ของชนิดนั้น ๆ

2) ดัชนีความหลากหลายชนิด (Species Diversity Index) เพื่อใช้บ่งชี้ความหลากหลายของชนิดไม้ในสังคมพืช ในที่นี้ใช้สมการ Shannon-Wiener Index, H' , (Krebs, 1985)

3) การประเมินการสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น ประเมินโดยใช้สมการของชนิด

ไม้ในป่าเบญจพรรณและป่าดิบเขา (Tsutsumi, 1983) โดยพิจารณาชนิดไม้เด่นในแต่ละแปลงว่าเป็นชนิดไม้เด่นประจำป่าเบญจพรรณหรือป่าดิบเขาเพื่อใช้สมการของแต่ละชนิดป่า (forest type) ดังนี้

ชนิดป่าดิบเขา	ชนิดป่าเบญจพรรณ
$W_t = W_s + W_b + W_l$	$W_t = W_s + W_b + W_l$
$W_s = 0.0509 D^2 H^{0.919}$	$W_s = 0.0396 D^2 H^{0.9326}$
$W_b = 0.00893 D^2 H^{0.977}$	$W_b = 0.003487 D^2 H^{1.0270}$
$W_l = 0.0140 D^2 H^{0.669}$	$W_l = (28.0/W_{tc} + 0.025)^{-1}$

โดยที่ W_t = มวลชีวภาพเหนือดินทั้งหมด (กิโลกรัม)
 W_s = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)
 W_b = มวลชีวภาพส่วนของกิ่ง (กิโลกรัม)
 W_l = มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)
 W_{tc} = มวลชีวภาพส่วนของลำต้น+กิ่ง (กิโลกรัม)
 W_t = มวลชีวภาพส่วนเหนือดิน (กิโลกรัม)
 D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)
 H = ความสูงของต้นไม้ถึงปลายยอด (เมตร)

3. เปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของตัวแปรในพื้นที่ศึกษาทั้งสองพื้นที่ คือ จำนวนต้นไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระดับอกของไม้ต้น การสะสมมวลชีวภาพรวมของไม้ต้น ขนาดและความสูงของต้นกาแฟเฉลี่ยในแปลง โดยใช้การวิเคราะห์ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม R

4. วิเคราะห์อิทธิพลของปัจจัยต่อการเติบโตของต้นกาแฟ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นกาแฟที่ 15 เซนติเมตรจากพื้นดิน (D_{15}) ความสูงทั้งหมด (H) และค่า $D^2 H$ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการเติบโตและการสะสมมวลชีวภาพของพืช (Hase and

Foelster, 1983) โดยนำข้อมูลจากต้นกาแฟในแต่ละแปลงย่อยมาพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยกำหนดตัวแปรอธิบาย (Explained Variable; Y) คือ ค่า D_{15} , ค่า H และค่า D^2H กำหนดให้ตัวแปรอิสระ (Independent Variable; x) คือ ร้อยละแสงส่องผ่านเรือนยอด (x_1) ปริมาณมวลชีวภาพของไม้ต้นในแปลงย่อย (x_2) และค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (x_3) และทดสอบอิทธิพลร่วม (interaction) ระหว่างพื้นที่ ด้วยการวิเคราะห์สมการเชิงเส้นทั่วไป (Generalized linear model, GLM) ในโปรแกรม R

ผลและวิจารณ์

1. องค์ประกอบชนิดไม้และความหลากหลายชนิด

ในพื้นที่สถานีเกษตรที่สูง

จากการศึกษาองค์ประกอบชนิดในพื้นที่สำรวจสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน พบไม้ต้นทั้งหมด 54 ต้น ใน 31 ชนิด 23 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 196.2 ต้นต่อเฮกเตอร์ มีพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นรวมเท่ากับ 36.09 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีค่าความสำคัญพบชนิดไม้เด่น จากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ ทะโล้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) ก่อหมวก (*Quercus oideocarpa* Korth.) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides* (Sm.) A.DC.) กะทังใบใหญ่ (*Litsea grandis* (Nees) Hook. f.) และกอดำ (*Lithocarpus truncatus* (King ex Hook. F.) Rehder) โดยมีค่าเท่ากับ 45.42, 21.23, 17.61, 16.76 และ 12.70 ตามลำดับ (Table 1) และมีค่าความหลากหลายชนิดของไม้ต้นรวมเท่ากับ 3.21 (แปลงที่ 1, 2 และ 3 มีค่า

ความหลากหลาย เท่ากับ 1.82, 1.75 และ 2.98 ตามลำดับ) ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอย พบไม้ต้นทั้งหมด 73 ต้น ใน 33 ชนิด 30 สกุล 23 วงศ์ มีความหนาแน่นเท่ากับ 270.4 ต้นต่อเฮกเตอร์ มีพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 26.80 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ เมื่อพิจารณาค่าดัชนีค่าความสำคัญพบชนิดไม้เด่น จากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ เสี้ยวดอกขาว (*Bauhinia variegata* L.) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum* Guillaumin) ทะโล้ ก่อแพะ (*Quercus kerrii* Craib) และกระถิน (*Leucaena* sp.) มีค่าเท่ากับ 77.70, 22.37, 21.73, 18.44 และ 14.78 ตามลำดับ (Table 1) และมีค่าความหลากหลายชนิด (H') ของไม้ต้นรวมเท่ากับ 3.01 (แปลงที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.14, 1.75 และ 2.99 ตามลำดับ)

การสะสมมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ศึกษา พบว่าในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีการสะสมมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยต่อแปลงเท่ากับ 49.27 ± 13.15 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (492.7 ± 131.5 เมกกะกรัมต่อเฮกเตอร์) ขณะที่สถานีฯ หนองหอยมีการสะสมมวลชีวภาพรวมเฉลี่ยต่อแปลงเท่ากับ 17.556 ± 1.35 กิโลกรัมต่อตารางเมตร (175.5 ± 13.5 เมกกะกรัมต่อเฮกเตอร์)

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนและพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นในแต่ละแปลงย่อย ที่พบในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนและสถานีฯ หนองหอย พบว่าจำนวนต้นไม้มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($t = -0.438, p = 0.68$) (Figure 1a) เช่นเดียวกับพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ ($t = 0.98, p = 0.33$) (Figure 1b)

Table 1. Important value index (IVI) and basal area (BA) of tree species in study plots in Khun Changkhan and Nong Hoi Highland Agricultural Stations

Khun Changkhan station						Nong Hoi station					
Order	Common name	Botanical name	Family	BA (m ² ha ⁻¹)	IVI (%)	Order	Common name	Botanical name	Family	BA (m ² ha ⁻¹)	IVI (%)
1	ทะโล้	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	7.33	45.42	1	เลื้อยดอกขาว	<i>Bauhinia variegata</i>	FABACEAE	8.77	77.69
2	ก้อหมวก	<i>Quercus oitocarpa</i>	FAGACEAE	5.44	21.23	2	มะกอกเกล็ดน	<i>Canarium subulatum</i>	BURSERACEAE	1.28	22.37
3	ก้อใบเลียม	<i>Castanopsis tribuloides</i>	FAGACEAE	3.27	17.61	3	ทะโล้	<i>Schima wallichii</i>	THEACEAE	4.25	21.73
4	กะพังใบใหญ่	<i>Litsea grandis</i>	LAURACEAE	4.51	16.76	4	ก้อพะ	<i>Quercus kerrii</i>	FAGACEAE	1.80	18.44
5	ก้อดำ	<i>Lithocarpus truncatus</i>	FAGACEAE	0.82	12.70	5	กระถิน	<i>Leucaena</i> sp.	FABACEAE	0.82	14.78
6	จิงชัน	<i>Dalbergia oliveri</i>	FABACEAE	0.05	12.45	6	ก้อเคียว	<i>Castanopsis acuminatissima</i>	FAGACEAE	1.63	11.94
7	เก็ดแดง	<i>Dalbergia dongnaiensis</i>	FABACEAE	2.83	12.12	7	มะม่วงหัวแมงวัน	<i>Buchanania lanzan</i>	ANACARDIACE	0.39	11.64
8	สารภีคย	<i>Anneslea fragrans</i>	PENTAPHYLAC	1.13	11.67	8	ลิ้นจี่	<i>Bridelia glauca</i>	PHYLLANTHAC	0.29	9.67
9	หว้าขาว	<i>Syzygium albiflorum</i>	MYRTACEAE	2.53	11.28	9	แตหางค่าง	<i>Fernandoa adenophylla</i>	BIGNONIACEAE	0.37	7.24
10	หาดหนูน	<i>Artocarpus gomezianus</i>	MORACEAE	2.38	10.86	10	เขียดใบใหญ่	<i>Cinnamomum iners</i>	LAURACEAE	0.00	2.96
11-31	ชนิดอื่นๆ	other species		8.17	138.76	11-33	ชนิดอื่นๆ	other species		7.21	104.50
Summation				36.09	300.00	Summation				26.80	300.00

ขณะที่การสะสมมวลชีวภาพของไม้ต้นในพื้นที่ศึกษาพบว่าพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีการสะสมมวลชีวภาพของไม้ต้นรวมมากกว่าพื้นที่สถานีฯ หนองหอยอย่างมีนัยสำคัญ ($t = 2.51, p < 0.05$) (Figure 1c) จำนวนต้นไม้ในแปลง และขนาดพื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ในแปลงไม่มีความแตกต่างกันมากนัก อาจเนื่องมาจากการจัดการแปลงในระบบวนเกษตรในช่วงต้นของการปลูก โดยเฉพาะบนพื้นที่สูงที่มีความลาดชันนั้น มักมีการคงเหลือไม้ใหญ่ไว้บางส่วน โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อให้ไม้ใหญ่ดังกล่าวเป็นร่มเงา รักษาอุณหภูมิและความชื้นดิน และลดการชะล้างของดิน โดยจัดสรรให้มีพื้นที่ว่างมากพอในการปลูกพืชที่กำหนดไว้ซึ่งเป็นชนิดที่สามารถเติบโตได้ดีได้ร่มเงาได้ดี (Preechapanya, 2002) จากรายงานพบว่าระยะที่เหมาะสมในการปลูกไม้ต้นร่วมกาแฟ มีระยะปลูกที่เหมาะสมคือ 12-15 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่เรือนยอดกาแฟสามารถขยายออกไปได้ (Department of

Agriculture Extension, 2014) ดังนั้นไม้ต้นที่คงเหลือในแปลงจึงมีจำนวนต้นต่อพื้นที่ที่ไม่แตกต่างกัน ขณะที่ขนาดของไม้ต้นที่คงอยู่ส่วนใหญ่เป็นไม้ขนาดใหญ่ที่สืบเนื่องมาจากการเปิดป่าในอดีตของทั้ง 2 พื้นที่เพื่อการเกษตรที่สูงในป่าดั้งเดิมที่จะตัดไม้ขนาดเล็กและไม้พื้นล่างให้มีพื้นที่เพื่อปลูกพืช โดยไม่พบชนิดไม้ป่าที่ทดแทนเข้ามาตามธรรมชาติจากป่าบริเวณใกล้เคียงเนื่องจากการจัดการแปลงในพื้นที่ปลูกประจำปี แต่เพื่อพิจารณาจากการเปรียบเทียบค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมของสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนและสถานีฯ หนองหอย พบว่ามีค่ามวลชีวภาพแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนตั้งอยู่ที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,200-1,300 เมตร ซึ่งปรากฏชนิดไม้ของป่าดิบเขาที่ยังคงไว้ เช่น ทะโล้ ก่อชนิดต่าง ๆ ซึ่งเป็นไม้เรือนยอดชั้นบน มีความสูงเฉลี่ย 20-30 เมตร ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอยมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 850 - 900 เมตร ซึ่งเป็น

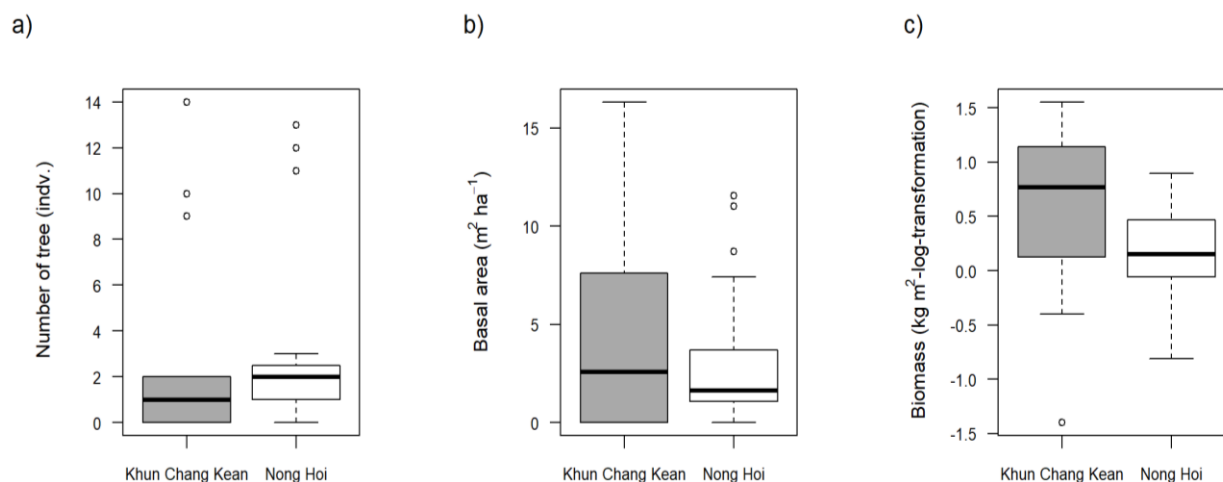


Figure 1 Comparative between a) Number of tree and b) Tree Basal area (log-transformation) among the study areas in Khun Chang Khian and Nong Hoi Highland Agricultural Station, Chiang Mai province

ลักษณะของป่าผสมผลัดใบที่มีไม้ป่าดิบเขาขึ้นผสมสภาพพื้นที่ที่มีการกั้นไฟเพื่อป้องกันพืชผลการเกษตร โดยในช่วงฤดูแล้งไม้ต้นในแปลงบางชนิดจะมีการผลัดใบ รวมไปถึงความสูงของไม้ในชั้นเรือนยอดในแปลงอยู่ในช่วง 25-20 เมตร ที่มีความสูงของต้นไม้ส่วนใหญ่ไม่น้อยกว่าพื้นที่ขุนช่างเคี่ยนทำให้ไม้ต้นในแปลงมีการสะสมมวลชีวภาพน้อยกว่าพื้นที่สถานีช่างเคี่ยน สอดคล้องกับรายงานวิจัยการประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนของป่าดิบแล้ง (ป่าไม้ผลัดใบ) และป่าเต็งรัง (ป่าผลัดใบ) พบว่าในป่าไม้ผลัดใบมีการสะสมมวลชีวภาพของไม้ต้นมากกว่าป่าผลัดใบ เนื่องจากไม้ต้นในป่าผลัดใบจะมีช่วงชะลอการเติบโตลงในฤดูแล้ง รวมไปถึงในบางพื้นที่อาจจะมีการไฟป่ารบกวน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้ไม้ต้นต้องปรับตัวตามชีพลักษณะและมีความสามารถในการสะสมมวลชีวภาพน้อยกว่าพื้นที่ป่าไม้ผลัดใบ (Senpaseuth *et al.*, 2009)

2. โครงสร้างด้านตั้ง การปกคลุมเรือนยอด และปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอด

จากการวางแผนสำรวจโครงสร้างด้านตั้งของแปลงกาแฟได้เริ่มในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ชั้นเรือนยอด ได้แก่ เรือนยอดชั้นบน (top canopy) มีความสูง 20 – 30 เมตร ประกอบด้วย ทะโล้ ก่อแป้น เก็ดแดง และก่อเคือย เป็นต้น เรือนยอดชั้นรอง (middle canopy) มีความสูง 15 – 20 เมตร ประกอบด้วย หว่าเขา กำลังเสือโคร่ง และสารภีค้อย เป็นต้น เรือนยอดชั้นไม้พุ่ม (shrub canopy) มีความสูง 5 – 10 เมตร ประกอบด้วย หน่วยนกงม กอมขม และไคร้ผดขน เป็นต้น มีชั้น

เรือนยอดกาแฟที่มีความสูงเฉลี่ย 3.11 ± 0.28 เมตร เป็นเรือนยอดชั้นล่างหรือเรือนยอดที่ถูกบดบัง (suppressed or overtopped canopy) ขณะเดียวกันไม่พบกล้าไม้ หรือไม้รุ่นของชนิดไม้ที่พบในแปลงสำรวจ ส่วนพื้นที่ที่มีปริมาณแสงผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 30.88 ± 11.21 (Appendix Figure 1) ขณะที่แปลงสำรวจในพื้นที่สถานีฯ หนองหอย สามารถแบ่งได้เป็น 4 ชั้นเรือนยอดเช่นกัน ได้แก่ ชั้นเรือนยอดเด่น มีความสูง 20 - 35 เมตร ประกอบด้วย ตีนนก เลี้ยวดอกขาว หว่า ชั้นเรือนยอดรอง มีความสูง 15 – 20 เมตร ประกอบด้วย มะกอกเกลื่อน และ แคนหางค่าง ชั้นไม้พุ่ม มีความสูง 5 – 10 เมตร ประกอบด้วย ต่างหลวง ไคร้หน้า และคิ้วเกลี้ยง เป็นต้น และชั้นเรือนยอดกาแฟที่มีความสูงเฉลี่ย 2.94 ± 0.22 เมตร เป็นเรือนยอดชั้นล่างหรือเรือนยอดที่ถูกบดบังมีปริมาณแสงผ่านเรือนยอดร้อยละ 32.01 ± 7.12 (Appendix Figure 2)

กลุ่มชนิดไม้ที่คงอยู่ในแปลงวนเกษตรนั้นมักเป็นไม้ใหญ่ที่มีการคัดเลือกให้คงไว้ โดยต้องเป็นชนิดที่ไม่กีดขวางการเติบโต การเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟ และให้กาแฟได้รับปริมาณแสงสม่ำเสมอ โดยจากการศึกษาในระบบวนเกษตรโดยมีรายงานการปลูกชาอัสสัม (เมี่ยง) ใต้ร่มไม้ใหญ่ในพื้นที่ตำบลเทพเสด็จ จังหวัดเชียงใหม่ พบไม้เด่นของเรือนยอดชั้นบน เช่น ทะโล้ ก่อหุยม ก่อเคือย และก่อหรั่ง เป็นต้น ซึ่งเกษตรกรคงไม้ใหญ่ในแปลงไว้เพื่อให้ช่วยควบคุมอุณหภูมิและความชื้นในแปลงปลูกชา และสามารถตัดไม้บางส่วนเป็นไม้ฟืนเพื่อใช้ในการอบชา (Preechapanya, 2002) ทั้งนี้

ในแปลงปลูกกาแฟมักมีการตัดแต่งไม้ต้นเมื่อมีการแตกกิ่งก้านในระดับต่ำ และจัดการวัชพืชสม่ำเสมอ จึงทำให้ลักษณะโครงสร้างด้านตั้งของแปลงวนเกษตรไม้ต้นร่วมกาแฟนั้น ไม่พบไม้รุ้น (sapling) กล้าไม้ (seedling) และไม้พื้นล่าง (understory) ซึ่งจะมีความแตกต่างจากโครงสร้างด้านตั้งของชนิดป่าที่อยู่ใกล้เคียง เช่น ป่าดิบเขาบริเวณสถานีห้วยน้ำค้าง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีโครงสร้างด้านตั้งของป่าแบ่งได้เป็น 3 ชั้นเรือนยอด (4-5 ชั้นที่รวมชั้นไม้พื้นล่างด้วย) โดยมีความสูงของเรือนยอดชั้นบนที่ 40-50 เมตร (Dhanmanonda, 1997) ขณะที่ป่าเบญจพรรณที่แบ่งได้ 3-4 เรือนยอด (รวมชั้นไม้พื้นล่าง) โดยมีเรือนยอดชั้นบนมักสูงไม่เกิน 40-30 เมตร (Marod and Kutintara, 2009)

ระบบวนเกษตรที่มีไม้ต้นร่วมกาแฟอาราบิก้า ไม้ต้นเป็นส่วนให้ร่มเงา (shading) แก่ต้นกาแฟ ทำให้มีปริมาณร้อยละของแสงที่เหมาะสมต่อเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ซึ่งช่วงร้อยละของแสงที่ต้นกาแฟใช้ในการเติบโตในแปลงปลูกที่มีการใช้วัสดุบังแสง (shading) ที่เหมาะสมอยู่ที่ร้อยละ 50 (Department of Agriculture Extension, 2014) และในสภาพป่าธรรมชาติร้อยละ 20-60 (Muschler, 2008) รวมไปถึงไม้ใหญ่ช่วยให้อุณหภูมิที่ผิวใบของกาแฟในช่วงกาแฟไม่สูงจนเกินไป ซึ่งกาแฟเป็นพืชที่เติบโตได้ดีได้รับเงาของพืชชนิดอื่น ช่วงอุณหภูมิผิวใบที่ 20-25 องศาเซลเซียส เป็นช่วงที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสงของต้นกาแฟ โดยปริมาณแสงและอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น (มากกว่า 45 องศาเซลเซียส) การสังเคราะห์แสงของกาแฟจะ

ลดลงอย่างสมบูรณ์ ทำให้การเติบโตและผลผลิตของกาแฟลดลง (Cannell, 1985; DaMatta et al., 2007; Bote and Struik, 2011)

3. การเติบโตของกาแฟ

ผลการประเมินความโตทางด้านขนาดเส้นรอบวง และความสูงของต้นกาแฟ พบว่า พื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต้นกาแฟเฉลี่ย 7.02 ± 0.27 เซนติเมตร และมีความสูงต้นกาแฟเฉลี่ย 3.11 ± 0.28 เมตร (Figure 1a) ขณะที่สถานีฯ หนองหอย ต้นกาแฟมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 7.54 ± 1.09 เซนติเมตร และมีความสูงต้นกาแฟเฉลี่ย 2.95 ± 0.22 เมตร (Figure 2b) เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่พบว่า ขนาดต้นกาแฟ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($t = -1.840$, $p = 0.072$) โดยพื้นที่สถานีฯ หนองหอยมีการกระจายของช่วงขนาดมากกว่าพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยน (Figure 2a) ขณะที่ความสูงของต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีความสูงมากกว่าต้นกาแฟในพื้นที่สถานีฯ หนองหอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($t = 2.1785$, $p < 0.05$) โดยพื้นที่สถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีการกระจายของช่วงข้อมูลความสูงมากกว่าสถานีฯ หนองหอยเล็กน้อย (Figure 2b) ปัจจัยที่ส่งผลให้ความโตของกาแฟทั้ง 2 สถานีใกล้เคียงกันนั้น อาจสืบเนื่องมาจาก สายพันธุ์อายุของกาแฟ ปริมาณน้ำและธาตุอาหารที่มาจากการจัดการโดยมนุษย์ รวมถึงการตัดกิ่งเพื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดระยะเวลาที่ต้นกาแฟเติบโต แม้ว่าในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนตั้งอยู่ที่ความสูงจากระดับน้ำทะเลที่พื้นที่มีอากาศหนาวเย็นมากกว่า

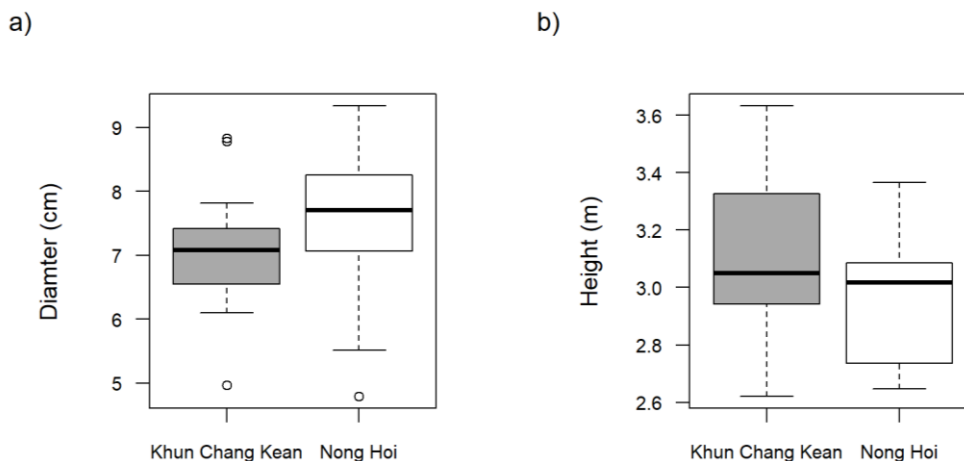


Figure 2 Comparative growth of coffee trees a) Diameter at 15 cm above ground and b) Total height between Khun Chang Kean Station and Nong Hoi Station, Chiang Mai province.

รวมไปถึงมีพื้นที่ร่มเงาจากไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวงที่ใหญ่กว่าสถานีฯ หนองหอย (Appendix Figure 1 and 2) โดยพบว่าข้อมูลขนาดของต้นกาแฟมีความผันแปรสูงในพื้นที่สถานีฯ หนองหอย อาจเนื่องมาจากปัจจัยความแห้งแล้งที่เกิดขึ้นตามฤดูกาล และลักษณะเรือนยอดของต้นไม้ในแปลงการผลัดใบของไม้บางชนิด เช่น มะกอกเกลื้อน เลี้ยวดอกขาว มะม่วงหาวแมลงวัน เป็นต้น เรือนยอดต้นกระถินที่มีลักษณะโปร่งเกือบตลอดทั้งปี อาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปัจจัยด้านอากาศที่เกิดจากลักษณะของเรือนยอด (Fotis and Curtis, 2017)

4. อิทธิพลของปัจจัยแสงส่องผ่านเรือนยอดที่มีผลต่อการเติบโตของกาแฟ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเติบโตของต้นกาแฟพบว่า ความสูงของต้นกาแฟทั้งสองพื้นที่ได้รับอิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอดในทางผกผัน (negative correlation)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, regression coefficients = -0.014) และ ความหลากหลายชนิดไม้ต้นในทางผกผัน (negative correlation) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, regression coefficients = -0.418) และ ค่า D^2H ของต้นกาแฟได้รับอิทธิพลของความหลากหลายชนิดของไม้ต้นที่พบในแปลงในทางผกผัน (negative correlation) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$, regression coefficients = -90.502) โดยทั้ง ความสูงและค่า D^2H ของต้นกาแฟ ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างพื้นที่ ขณะที่ขนาดเส้นรอบวงไม้ได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทั้งหมด

จากผลการศึกษา แม้ว่าพื้นที่ทั้งสองจะอยู่ในระดับความสูงที่มีความแตกต่างกัน แต่ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ของต้นกาแฟคือ ปัจจัยที่มีความผันแปรในพื้นที่ (local condition) ที่คล้ายกันทั้งสองพื้นที่ กล่าวคือ การปกคลุมเรือนยอดเป็นตัวแปรที่ช่วยควบคุมความชื้น อุณหภูมิในพื้นที่ได้ (Schäfer and Vanderklein, 2011) ซึ่งความหลากหลาย

ชนิดของชนิดไม้ต้นที่คงเหลืออยู่ และการปกคลุมของเรือนยอดส่งผลต่อปริมาณแสงที่ส่องผ่านลงมา ซึ่งปริมาณแสงที่น้อยทำให้ต้นกาแฟสูงมากขึ้นโดยปกติแล้วเมื่อมีร้อยละแสงน้อย ไม้ต้นมีแนวโน้มสูงมากขึ้นเพื่อการรับแสง (Koch et al., 2004) ขณะที่ความหลากหลายของพรรณไม้ต่างมีผลต่อการเติบโตของต้นกาแฟ ซึ่งความหลากหลายของไม้ต้นเทียบได้กับความหลากหลายของระดับร่มเงา (diversity canopy shed) ซึ่งหมายถึงปริมาณแสงที่ส่องลงมาถึงเรือนยอดต้นกาแฟว่าต้องมีการผ่านระดับของร่มเงาหลายชั้นเรือนยอด เมื่อมีความหลากหลายสูง ทำให้มีระดับร่มเงาที่ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณแสงที่ส่องลงมาถึงพื้นป่าลดลง โดยการศึกษาของ Nesper et al. (2017) พบว่าความหลากหลายมีผลต่อการเติบโตของกาแฟด้านความยาวข้อ ในทิศทางตรงกันข้าม (negative correlation) แต่ขณะเดียวกันส่งผลทำให้ผลผลิตของกาแฟและคุณภาพของสารกาแฟเพิ่มสูงมากยิ่งขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟปลูกได้ร่มไม้เพียงชนิดเดียว (Boreux et al., 2013) ซึ่งความหลากหลายอาจมีส่วนทำให้มีแมลงผสมเกสรเข้ามาอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากชนิดไม้ในพื้นที่มีช่วงชีวิตลักษณะการออกดอกที่ต่างเวลากัน จึงอาจเป็นการเพิ่มโอกาสการผสมของดอกกาแฟ (Krishnan et al., 2012) ทั้งนี้การที่มีความหลากหลายของเรือนยอดน้อย หรือมีเพียงชั้นเดียวอาจจะส่งผลต่อลักษณะภูมิอากาศจุลภาค (microclimate) โดยอาจทำให้อุณหภูมิสูงและมีความผันแปรของความชื้นในอากาศ (Boreux et al., 2013) ขณะเดียวกัน

องค์ประกอบชนิดไม้ที่ส่งผลถึงโครงสร้างของร่มเงา (shade structural components) การปกคลุมเรือนยอด (canopy cover) และความหนาแน่นของชนิดไม้ให้ร่ม (shade tree density) ต่างมีความสัมพันธ์กับปริมาณแสงที่มีความเหมาะสมกับการเติบโตของต้นกาแฟ ซึ่งหมายถึงปริมาณความเข้มของแสง (light intensity) ที่ส่องผ่านลงมา (Muschler, 2008) อย่างไรก็ตาม ปัจจัยที่ทำให้ต้นกาแฟเติบโตได้นั้นไม่ได้มีเพียงปัจจัยด้านแสงเพียงอย่างเดียว โดยปัจจัยอื่น ๆ ได้แก่ ดิน ความชื้น อุณหภูมิ และปริมาณน้ำฝน ถูกนำมากำหนดขอบเขตความเหมาะสม (land suitability) ของการปลูกกาแฟ ซึ่งทั้งสองพื้นที่ที่มีความแตกต่างกันโดยระดับความสูงจากน้ำทะเล แต่ปริมาณแสงและการปกคลุมของเรือนยอดจากชนิดไม้ที่ปรากฏแม้ว่าจะมีความแตกต่างกัน จากการวิเคราะห์กลับไม่แสดงอิทธิพลของพื้นที่ ดังนั้น หากเกษตรกรคงไม้ต้นไว้ในแปลงกาแฟในระดับที่เหมาะสม ปัจจัยด้านความชื้นและอุณหภูมิจะยังช่วยให้กาแฟเติบโตได้ดี

แม้ว่าพื้นที่ศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่อนุรักษ์ แต่ในทางการปฏิบัติเพื่อการส่งเสริมการปลูกกาแฟของเกษตรกรในพื้นที่ขนาดเล็ก (small scale) เพื่อการจัดการด้านเศรษฐกิจชุมชน การปรากฏของไม้ที่มีความหลากหลายในแปลงรูปแบบวนเกษตรมีข้อดีในการเป็นทางเลือกการใช้ประโยชน์ไม้ของเกษตรกร (Rice, 2008; Jezeer et al., 2018) ซึ่งส่วนใหญ่ในแปลงวนเกษตรที่มีการปลูกไม้รวมกาแฟนั้น มักพบการปลูกไม้ใช้สอยหรือไม้ผล ซึ่งนอกเหนือจากรายได้จากผลผลิต

กาแฟ รายได้ของเกษตรกรจะมาจากการขายไม้ซุง (timber) ไม้เชื้อเพลิง (firewood) และไม้ผล (fruit tree) ซึ่งในบางพื้นที่รายได้มาจากไม้ที่ปลูกให้ร่มในแปลงกาแฟ (Mehta and Leuschner, 1997)

สรุป

การปลูกกาแฟอาราบิก้าในประเทศไทย ได้รับการส่งเสริมให้ดำเนินการปลูกและพัฒนาบนพื้นที่สูงโดยมีรูปแบบการปลูกแบบได้ร่มไม้ใหญ่ในระบบวนเกษตร การวางแผนสำรวจไม้ต้นและต้นกาแฟในพื้นที่ทั้งสองสถานี พบว่าในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนพบชนิดไม้ป่าดิบเขา เช่น ทะโล้ และ ก่อเดือย ขณะที่พื้นที่สถานีฯ หนองหอย พบชนิดไม้เด่นจากป่าผสมผลัดใบขึ้นร่วมกับป่าดิบเขา เช่น เสี้ยวดอกขาว มะกอกเกลื่อน และทะโล้ เป็นต้น โดยแปลงสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 30.88 ± 11.21 ขณะที่สถานีฯ หนองหอย มีปริมาณแสงส่องผ่านเรือนยอดเฉลี่ยร้อยละ 32.01 ± 7.12 ขณะที่การประเมินความโตของต้นกาแฟ พบว่าขนาดต้นกาแฟทั้งสองพื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนความสูงต้นกาแฟในสถานีฯ ขุนช่างเคี่ยนมีความสูงมากกว่าต้นกาแฟในสถานีฯ หนองหอย โดยการเติบโตของต้นกาแฟทั้งสองพื้นที่ได้รับอิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอด และความหลากหลายของไม้ต้น

ดังนั้น การคงไว้ซึ่งไม้ต้นในระดับที่เหมาะสมเพื่อการปลูกกาแฟในระบบวนเกษตรนั้น เรือนยอดของต้นไม้ที่เหลือไว้มีส่วนช่วยทำให้ปัจจัยด้านความชื้นและอุณหภูมิอากาศมีความ

เหมาะสมต่อการเติบโตของกาแฟ และยังช่วยรักษาโครงสร้างและองค์ประกอบป่าดั้งเดิมไว้ได้ภายใต้การพัฒนาชีวิตความเป็นอยู่ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

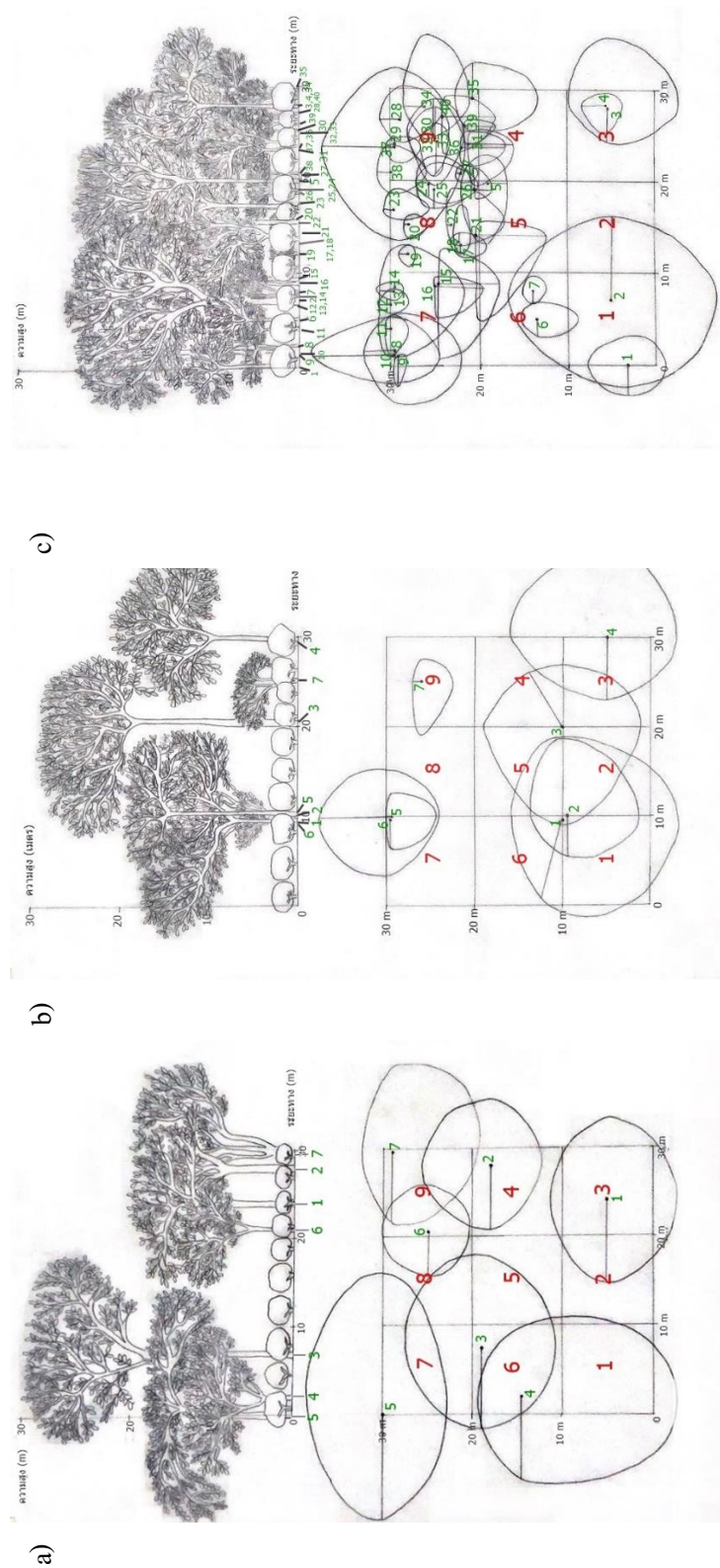
บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายงานการประเมินผลผลิตกาแฟของสายพันธุ์กาแฟอาราบิก้าในแปลงระบบวนเกษตร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยริเริ่มแบบมุ่งเป้า (Targeted Research Initiatives) คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และขอขอบพระคุณหัวหน้าสถานี และผู้ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษาภาคสนามเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

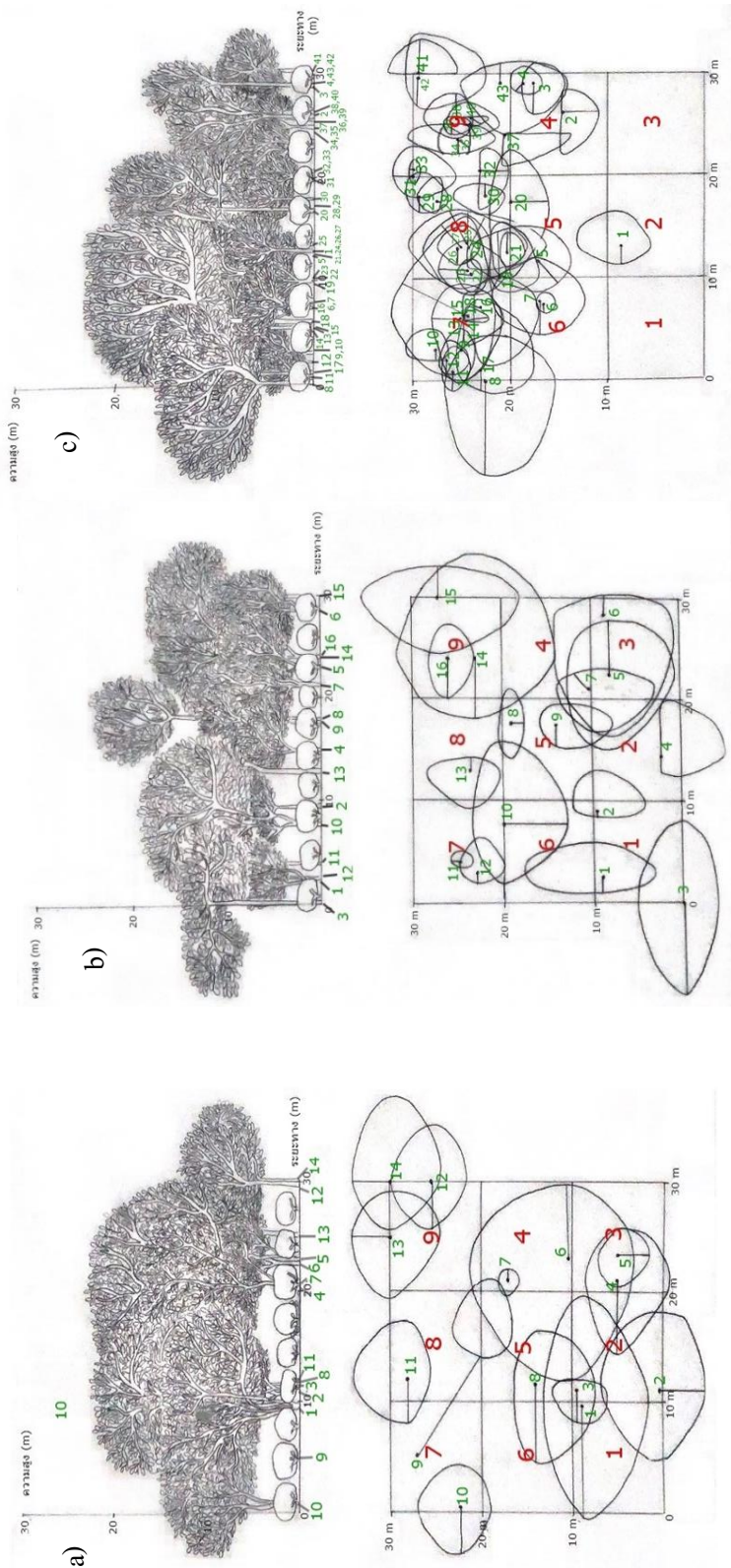
- Andrade, H. J., M. A. Segura, M. Ferial, and W. Suárez. 2018. Above-ground biomass models for coffee bushes (*Coffea arabica* L.) in Libano, Tolima, Colombia. *Agroforestry Systems*. 92(3), 775-784.
- Angkasit, P. 2004. **Highland Coffee (*Coffea arabica*) Cultivation**. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Chiang Mai. (in Thai)
- Boonkird, S. 1986. **Principle of Agroforestry**, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Bote, A., D., and C. S. Paul. 2011. Effects of shade on growth, production, and quality of coffee

- (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, 3(11), 336-341
- Boreux, V., C.G. Kushalappa, P. Vaast, and J. Ghazoul. 2013. Interactive effects among ecosystem services and management practices on crop production: pollination in coffee agroforestry systems. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. 110(21),8387-8392.
- Cannell, M.G.R. 1985. **Physiology of the Coffee Crop**. In: Clifford M.N., Willson K.C. (eds) Coffee. Springer, Boston, MA.
- DaMatta, F.M., Ronchi, C.P., Maestri, M., and R.S. Barros. 2007. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**. 19(4), 485-510.
- Department of Agriculture Extension, 2014. **Optimization of Coffee Production**. The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing, Bangkok. (in Thai)
- Dhanmanonda, P., 1997. Structure of Hill Evergreen Forest. **Forestry Journal**. 6, 57-88 (in Thai)
- Fotis, A.T. and P.S. Curtis. 2017. Effects of structural complexity on within-canopy light environments and leaf traits in a northern mixed deciduous forest. **Tree Physiology**. 37(10),1426-1435.
- Hase, H. and H. Foelster. 1983. Impact of plantation forestry with teak (*Tectona grandis*) on the nutrient status of young alluvial soils in west Venezuela. **Forest Ecology and Management**. 6: 33-57.
- International Coffee Organization. 2016. Coffee market report of November 2016. International Coffee Organization, London
- Jezeer, R.E., M.J. Santos, R.G. Boot, M. Junginger, and P.A. Verweij. 2018. Effects of shade and input management on economic performance of small-scale Peruvian coffee systems. **Agricultural Systems**. 162, 179-190.
- Jha, S., C.M. Bacon, S.M. Philpott, V. E. Mendez, P. Läderach, and R.A. Rice. (2014). Shade coffee: update on a disappearing refuge for biodiversity. **BioScience**. 64(5), 416-428.
- Krebs, C.J., 1985, **Species diversity I: Theory. In: Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance**. Third edition, Harper & Row Publishers, New York.
- Koch, G.W., S.C. Sillett, G.M. Jennings and S.D. Davis. 2004. The limits to tree height. **Nature**. 428(6985), 851-854.
- Krishnan, S., C.G. Kushalappa, R.U. Shaanker, and J. Ghazoul. 2012. Status of pollinators and their efficiency in coffee fruit set in a fragmented landscape mosaic in South India. **Basic and Applied Ecology**. 13(3), 277-285.
- Magrach, A., and J. Ghazoul. 2015. Climate and pest-driven geographic shifts in global coffee production: implications for forest cover, biodiversity, and carbon storage. **PloS one**. 10(7), e0133071.

- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecosystem**. Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok.
- Mehta, N.G. and W. A. Leuschner. 1997. Financial and economic analyses of agroforestry systems and a commercial timber plantation in the la Amistad biosphere reserve, Costa Rica. **Agroforestry Systems**. 37, 175–185.
- Muschler, R.G., 2009. Shade management and its effect on coffee growth and quality. **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders and researchers**, Wiley-VCH, Weinheim. 395-422.
- Nesper, M., C. Kueffer, S. Krishnan, C.G. Kushalappa, and J. Ghazoul. 2017. Shade tree diversity enhances coffee production and quality in agroforestry systems in the Western Ghats. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 247, 172-181.
- Preechapanya, P. 2002. **Indigenous highland agroforestry systems of northern Thailand**. Chiang Doa Watershed Research Station Chiang Mai. Thanabhan Printer, Thailand.
- Rice, R.A. 2008. Agricultural intensification within agroforestry: the case of coffee and wood products. Agric. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 128, 212–218.
- Senpaseuth, P., C. Navanugraha, and S. Pattanakiat. 2009. The estimation of carbon storage in dry evergreen and dry dipterocarp forests in Sang Khom District, Nong Khai Province, Thailand. **Environment and Natural Resources Journal**. 7(2), 1-11.
- Schäfer, K. V.R. and V.W. Dirk. 2011. The Physical Environment Within Forests. **Nature Education Knowledge** 2(12):5
- Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunaru, P. Dhanmanonda, and B. Prachaiyo. 1983. Forest: burning and regeneration. **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**, Kyoto University, Japan
- Wintgens, J. N. 2009. **Coffee: growing, processing, sustainable production. A guidebook for growers, processors, traders, and researchers**. 2nd ed. Wiley-VCH, Weinheim.



Appendix Figure 1 Profile diagram of Khun Chang khian Highland Agricultural Research and Training Station study plot.



Plot 1 Dominant canopy (20-25 m) : *Vitex pinnata* (4) *Terminalia calamansan*

(8) Subdominant canopy (15 – 20 m) : *B. variegata* (1, 11, 13 and 14) *Bombax*

ceiba (2) *F. adenophylla* (3) *Leucaena* sp. (9) *Lamnea coronandelica* (10) *C.*

subulatum (12) Shrub canopy (5 – 10 m) :

V. pinnata (5) *S. wallichii* (6) *Trevesia palmata* (7)

Plot 2 Dominant canopy (20-25 m) : *C. subulatum* (9)

Subdominant canopy (15 – 20 m) : *Leucaena* sp. (1) *B. variegata*

(2, 5, 7, 8, 13 and 15) *A. fragrans* (3) *Syzygium cumini* (10) *C.*

subulatum (11) *F. adenophylla* (12) *Quercus kerrii* (14) *Vitex*

canescens (15) Shrub canopy (5 – 10 m) : *Q. kerrii* (4) *B.*

variegata (6)

Plot 3 Dominant canopy (20-25 m) : *S. wallichii* (18) *B. variegata* (19)

Spondias pinnata (20) *B. lanzan* (27) Subdominant canopy (15 – 20 m) :

Shorea obtusa (2) *C. subulatum* (3 and 10) *B. variegata* (5, 13, 17, 34 and 37)

S. cumini (8) *C. iners* (14) *T. palmata* (16) *Leucaena* sp. (24) *Q. kerrii* (25)

Aporosa villosa (29) *Dillenia obovata* (31) *Melia azedarach* (35) *Oroxylum*

indicum (36) *Cananga latifolia* (39) *C. acuminatissima* (43) Shrub canopy (5

– 10 m) : *C. subulatum* (1) *Q. kerrii* (4) *B. lanzan* (6, 7, 33) *C.*

acuminatissima (9) *Cratogeomys formosum* (11) *Homonoia riparia* (12)

Leucaena sp. (15) *D. oliveri* (21) *Bridelia glauca* (22, 23 and 40) *Chukrasia*

tubularis (26) *B. variegata* (29) *W. paniculata* (30, 32) *Cratogeomys*

cochinchinense (41) *Turpinia pomifera* (42)

Appendix Figure 2 Profile diagram of Nong Hoi Highland Agricultural Station study plot.

วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

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

คำแนะนำสำหรับผู้เขียน

การส่งต้นฉบับ ต้นฉบับต้องไม่เคลือบสีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทใดประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) **บทความวิจัย หรือต้นฉบับ (research/original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง (2) **บทความสั้น (short communications)** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่าบทความวิจัย และ (3) **บทความวิชาการ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็บทความวิจัย และบทความสื่อสารอย่างสั้นจะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็บทความวิจารณ์

การเตรียมต้นฉบับ

ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ ผ่านการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่าง ๆ อย่างถี่ถ้วน ความยาวไม่เกิน 15 หน้ากระดาษ A4 (รวมรูปภาพและตาราง) โดยมีระยะห่างบรรทัดเป็นสอง (double space) และใช้หน่วยวัดในระบบเอสไอ (SI system or International Units)

การพิมพ์

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

รายละเอียดของเนื้อหา

หน้าแรก (Title page) เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่น ๆ ประกอบด้วย

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

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

เนื้อหา ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. บทคัดย่อ สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ และ ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ (Abstract) ด้วย (ภาษาไทยและตามด้วยภาษาอังกฤษ) ให้ระบุคำสำคัญ (Keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายของบทคัดย่อ
2. คำนำ (Introduction) อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย
3. อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods) โดยเขียนให้กระชับและชัดเจน ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)
4. ผลและวิจารณ์ ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนในส่วนเดียวกัน
5. สรุป (Conclusion)
6. กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) ถ้ามีไม่ควรเกิน 50 คำ
7. เอกสารอ้างอิง (Reference) การอ้างอิงวารสาร ให้พิมพ์ชื่อเต็มวารสาร การเรียบเรียงวารสารให้เรียงเรียงตามลำดับอักษรในภาษาไทย และตามด้วยภาษาอังกฤษ ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานเอกสารอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบท ควรตรงกันและถูกต้องตามรูปแบบการเขียนเอกสารอ้างอิงดังตัวอย่าง (กรณี เอกสารอ้างอิงเป็นภาษาไทยต้องแปลให้เป็นภาษาอังกฤษเพื่ออ้างอิงในบทความ)
 - 7.1 การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ name-and-year system
 - 7.2 การเรียงลำดับ ต้องเรียงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความด้วย
 - 7.3 การเขียนเอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษให้ระบุนามสกุลของผู้เขียนก่อน และตามด้วยชื่ออื่นๆ ซึ่งย่อเฉพาะอักษรตัวแรก

หนังสือ และตำรา

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

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

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

รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

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

ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

Sillery, B. 1998. **Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side,**

Popular Science. Available source: <http://www.epnet.com/hosttrial/login.htm>, March 27, 1998.

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

การส่งต้นฉบับ

ผู้เขียนต้องส่งไฟล์ต้นฉบับที่จัดเตรียมเนื้อหาตามรูปแบบของวารสาร ผ่านระบบวารสารออนไลน์ทางเว็บไซต์ [http:// www.tferj.forestku.com](http://www.tferj.forestku.com) ซึ่งผู้เขียนสามารถสมัคร (Register) เข้าใช้งานระบบได้โดย กรอกชื่อ-สกุล Email address พร้อมกำหนดรหัส (Password) จากนั้นส่งบทความ (manuscript submission) เพื่อเข้ารับการพิจารณาประกอบด้วย

1. ไฟล์ต้นฉบับในรูปแบบไฟล์ .doc หรือ .docx และไฟล์ .pdf
2. ไฟล์รูปภาพ (ถ้ามี) ซึ่งรูปแบบไฟล์ภาพที่ใช้เป็น .tiff หรือ .jpeg เท่านั้น กำหนดให้ใช้ภาพขาวดำและภาพที่มีความละเอียดอย่างน้อย 300 dpi ขึ้นไป
3. ไฟล์แบบฟอร์มนำส่งบทความวิจัย (สามารถดาวน์โหลดได้ [http:// www.tferj.forestku.com](http://www.tferj.forestku.com)) และหากมีปัญหาในการใช้ระบบ กรุณาติดต่อมาที่ E-mail address: dokrak.m@ku.ac.th
4. ให้ผู้เขียนแนะนำชื่อและ Email ของผู้ทรงคุณวุฒิที่ผู้เขียนต้องการให้ทางวารสารพิจารณาคัดเลือกอย่างน้อย 3 ชื่อ ในระบบวารสารออนไลน์ด้วย ทั้งนี้การคัดเลือกผู้ทรงคุณวุฒิของทางวารสารนั้นอาจไม่ใช่รายชื่อที่ผู้เขียนนำเสนอ
- **5. ให้รวบรวมไฟล์เอกสารดังกล่าวอยู่ในแฟ้มข้อมูลเดียวจากนั้นทำการบีบอัดไฟล์ หรือ zip file เพื่อแนบเอกสารนำส่งในระบบออนไลน์**

กระบวนการพิจารณาบทความ

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

1. การพิจารณาล้นกรองบทความ (Peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสาร รวมถึงคุณภาพของเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่น่าสนใจ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (Reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (Referee) ในแต่ละสาขาทำการพิจารณาล้นกรอง (Peer review) ในระบบปกปิดอย่างน้อยสองท่าน (double blinded system) ต่อหนึ่งบทความ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้เขียนเพื่อดำเนินการแก้ไขบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อการตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการ ยอมรับ (Accept) หรือปฏิเสธ (Reject) บทความ การพิจารณาทบทวนบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้เขียนสามารถสอบถามยังกองบรรณาธิการเพื่อรับทราบเหตุผลได้

2. บทความที่ถูกปฏิเสธ (Rejected manuscripts) ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้เขียนผ่านระบบรับส่งวารสารออนไลน์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่น ๆ ที่มีความเหมาะสม

3. บทความที่ได้รับการยอมรับ (Accepted manuscripts) กองบรรณาธิการสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ข้อต้นฉบับที่จะส่งไปตีพิมพ์ทุกเรื่องตามที่เห็นสมควร โดยจัดส่งต้นฉบับที่แก้ไขแล้วให้ผู้เขียนเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง (draft proof) ทั้งนี้จะต้องไม่มีการแก้ไขรายละเอียดใด ๆ ในส่วนของเนื้อหาและชื่อเจ้าของบทความ และหากไม่มีการติดต่อกลับภายในระยะเวลาที่กำหนด ทางกองบรรณาธิการถือว่าบทความนั้นถูกต้องและครบถ้วนแล้ว จากนั้นจะทำการตีพิมพ์และเผยแพร่บทความผ่านทางเว็บไซต์ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย (<http://www.tferj.forestku.com>) ซึ่งผู้เขียนหรือผู้ที่สนใจสามารถ download ผลงานในรูปแบบ PDF ได้

จริยธรรมในการตีพิมพ์ผลงาน

บรรณาธิการและกองบรรณาธิการ วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย มีความมุ่งมั่นที่จะรักษามาตรฐานการตีพิมพ์ผลงาน ตลอดจนหลักปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับการประเมินและการเผยแพร่ผลงานในวารสารฯ ด้วยเหตุนี้ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายจึงต้องดำเนินการตามแนวทางจริยธรรม (Ethic) ในการตีพิมพ์ผลงานที่กำหนดไว้อย่างเคร่งครัด (<https://publicationethics.org/>) ทั้งในส่วนของผู้เขียนในการเสนอบทความเพื่อรับการพิจารณา บทบาทผู้ทรงคุณวุฒิในการประเมินบทความ และรวมถึงบทบาทของบรรณาธิการและกองบรรณาธิการที่ต้องดำเนินการให้การพิจารณาดำเนินไปได้อย่างรวดเร็วและเป็นธรรมกับทุกบทความที่ส่งมารับการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารฯ

ลิขสิทธิ์ของบทความ

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



วารสารวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้เมืองไทย

Thai Forest Ecological Research Journal

ปีที่ 5 ฉบับที่ 1: มกราคม – มิถุนายน 2564

Volume 5 Number 1: January – June 2021

ISSN 2586-9566

นิพนธ์ต้นฉบับ (Original article)

- โครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 40 ปี บริเวณต้นน้ำแม่สาคร จังหวัดน่าน 1
อนุสรณ์ สะสันดี รุ่งรวี ทวีสุข พัทธยาไทย ประโมลี อนุพงษ์ กาพจันทร์ และ แหลมไทย อาษานอก
- อิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมต่อการกระจายของชนิดไม้ป่าเต็งรัง ป่าสงวนป่าสันทราย อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 17
สุธีระ เหมฮัก วิษณุภาส สังพาลี พีรพันธ์ ทองเปลว และ เกรียงศักดิ์ ศรีเงินขวง
- ลักษณะสังคมพืชและปัจจัยดินของป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแห่งชาติแม่อิง จังหวัดแพร่ 33
ปรัชญาภรณ์ ศรีคุณ รุ่งรวี ทวีสุข พัทธยาไทย ประโมลี เพชรรัตน์ จันทร์แก้ว และ แหลมไทย อาษานอก
- โครงสร้างและพลวัตป่าชายเลน ศูนย์วิจัยทรัพยากรป่าชายเลนที่ 6 (สตูล) 53
ประนอม ชุมเรียง นันทิกานต์ ปะดุกา และ ฌัญญาดา ค้างอ่อน
- ความแตกต่างของการให้บริการทางนิเวศด้านการให้น้ำจากกิจกรรมการพัฒนาป่าไม้ที่ต่างกัน
บริเวณลุ่มน้ำห้วยฮ่องไคร้ จังหวัดเชียงใหม่ 65
อรกานต์ เกษรบัว วินัส ต่วนเครือ และ ยุทธพงษ์ ศิริมงคล
- ปัจจัยแวดล้อม และโครงสร้างทางสังคมของแมลงผิวดินในพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ในจังหวัดปทุมธานี 79
นนทชา สังข์นันทน์ วัฒนชัย ตาแสน และ ชงยุทธ ไตรสุรัตน์
- ผลของความเป็นกรด-ด่างของดินต่อการเติบโตและคุณภาพการให้สีครามของห้อม
(*Baphicacanthus cusia* (Nees.) Bremek.) ในพื้นที่จังหวัดแพร่ 91
ณัฐพร จันทร์ฉาย และ อัญญา บุญประจวบ
- อิทธิพลของแสงผ่านเรือนยอด และความหลากหลายชนิดของไม้ต้นต่อการเติบโตของกาแฟอาราบิก้าภายใต้ร่มเงา
บริเวณสถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน และสถานีเกษตรที่สูงหนองหอย จังหวัดเชียงใหม่ 105
ปณิดา กาจันะ นริศ ชัยเข้ม ชีระพงษ์ เสาวภาคย์ และ นลัท มัทวัง