

นิพนธ์ต้นฉบับ

ลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและปัจจัยดินในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ จังหวัดอุดรธานี

กิตติกร สิงตะนะ¹ เพ็ญพิสัย เปียนกิด¹ กฤษดา พงษ์การณียาสา² มณฑล นอแสงศรี³ และ แหลมไทย อาษานอก^{2*}

รับต้นฉบับ: 26 กรกฎาคม 2567

ฉบับแก้ไข: 2 กันยายน 2567

รับลงพิมพ์: 8 กันยายน 2567

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: การจัดการป่านันทนาการจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานสังคมพืชที่ปรากฏในพื้นที่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างสังคมพืชและสมบัติดินบางประการ ในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ จังหวัดอุดรธานี

วิธีการ : ทำการวางแปลงตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง ขนาด 20 เมตร x 20 เมตร จำนวน 20 แปลง เพื่อเก็บข้อมูลชนิดของพรรณไม้ต้น สมบัติดิน เพื่อใช้วิเคราะห์ลักษณะสังคมพืชตามการแปรผันของสมบัติดินด้วยการจัดลำดับหมู่ไม้ (Canonical correspondence analysis) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป PC-Ord version 6

ผลการศึกษา: พบสังคมพืชเป็นชนิดป่าผสมผลัดใบกับป่าเต็งรัง จำแนกสังคมพืชย่อยออกเป็น 3 สังคมย่อย คือ 1) สังคมป่าผสมผลัดใบ พบพรรณไม้ 35 ชนิด 31 สกุล 21 วงศ์ ความหนาแน่นหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 812.5 ต้น/เฮกแตร์ 120.42 ตารางเมตร/เฮกแตร์ และ 2.92 ตามลำดับ ชนิดไม้เด่น เช่น พลับพล่า (*Microcos tomentosa*), กาสามปีก (*Vitex peduncularis*) และแดง (*Xylia xylocarpa*) ชนิดไม้เด่นมีความสัมพันธ์กับปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (OM; %) ในโตรเจน (N; %) และโพแทสเซียม (K; mg kg⁻¹) 2) สังคมรอยต่อระหว่างป่า พบพรรณไม้ 28 ชนิด 25 สกุล 16 วงศ์ ความหนาแน่นหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 755 ต้น/เฮกแตร์ 25.79 ตารางเมตร/เฮกแตร์ และ 2.91 ตามลำดับ ชนิดไม้เด่น เช่น กระบก (*Irvingia malayana*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) และดีวชน (*Cratoxylum formosum*) ไม่ปรากฏปัจจัยกำหนดที่มีความสัมพันธ์กับดินอย่างชัดเจน และ 3) สังคมป่าเต็งรัง พบพรรณไม้ 30 ชนิด 28 สกุล 17 วงศ์ ความหนาแน่นหมู่ไม้ พื้นที่หน้าตัด และค่าดัชนีความหลากหลายชนิด เท่ากับ 972.22 ต้น/เฮกแตร์ 25.85 ตารางเมตร/เฮกแตร์ และ 2.42 ตามลำดับ ชนิดไม้เด่น เช่น ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เต็ง (*Shorea obtusa*) และแดง (*Xylia xylocarpa*) มีความสัมพันธ์กับปริมาณแคลเซียม (Ca; mg kg⁻¹) ในดิน

สรุป: ผลการศึกษายืนยันว่าสมบัติดินเป็นตัวกำหนดการปรากฏสังคมพืชที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ดังนั้น การจัดการพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ ควรพิจารณาความหลากหลายของไม้ต้นให้สัมพันธ์กับสมบัติดิน โดยคัดเลือกชนิดไม้เด่นแต่ละสังคมพืชที่เหมาะสมไปใช้ในการฟื้นฟูป่าให้สอดคล้องกับสมบัติดินและกิจกรรมนันทนาการ

คำสำคัญ: องค์ประกอบชนิดไม้ต้น ความสัมพันธ์ระหว่างดินกับพรรณพืช ป่าผลัดใบเขตร้อน รอยต่อระหว่างป่า

¹สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

²สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

³สาขาวิชาการป่าไม้ โครงการจัดตั้งวิทยาลัยการป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ จ.แพร่ 54140

ผู้รับผิดชอบบทความ : E-mail: lamthainii@gmail.com

<https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.02>

ORIGINAL ARTICLE

**Vegetation Structure Characteristics and Edaphic Factors in Tham Sing Recreational Forest,
Udon Thani Province**Kittikorn Singtana¹, Penpilai Piankhit¹, Kritsada Phongkaranyapas², Monthon Nosaengsri³, and Lamthai Asanok^{2*}

Received: 26 July 2024

Revised: 2 September 2024

Accepted: 8 September 2024

ABSTRACT

Background and Objectives: Management of recreational forests requires basic information on the plant community characteristics that appear in the area. Therefore, this study aimed to detect the relationship between plant community structure characteristics and some soil properties in the Tham Sing recreational forest area, Udon Thani Province.

Methodology: Twenty purposive sampling plots of 20 m x 20 m were set up for observing tree species composition and collecting soil samples. The ordination analysis using canonical correspondence analysis (CCA) was applied to clarify the relationship between plant community and soil properties based on software of PC-Ord version 6.

Main Results: The results shown that two forest types had been found, mixed deciduous forest and deciduous dipterocarp forest, and can be divided into 3 sub- communities. First, mixed deciduous forest comprised 35 species, 31 genera, and 21 families. Tree density, basal area, and species diversity index were 812.5 stems ha⁻¹, 20.42 m².ha⁻¹, and 2.92, respectively. The important species such as *Microcos tomentosa*, *Vitex peduncularis* and *Xylia xylocarpa* were determined by the value of organic matter (OM; %), nitrogen (N; %) and Potassium (K; mg kg⁻¹). Second, ecotone forest comprised 28 species, 25 genera, and 16 families. Tree density, basal area, and species diversity index were 755 stems ha⁻¹, 25.79 m².ha⁻¹, and 2.9, respectively. The important species such as *Irvingia malayana*, *Aporosa villosa* and *Cratoxylum formosum* had less determined by soil properties. Third, deciduous dipterocarp forest showed comprised 30 species, 28 genera, and 17 families. Tree density, basal area, and species diversity index showed were 972.22 stems ha⁻¹, 25.85 m².ha⁻¹, and 2.42, respectively. The important species such as *Dipterocarpus obtusifolius*, *Shorea obtusa* and *Xylia xylocarpa* were determined by calcium (Ca; mg.kg⁻¹) value of soil properties.

Conclusion: The results indicated that soil properties clearly determine the appearance of different plant communities. Therefore, the management of Tham Sing recreational forest area should be concerned the relationship between tree species and soil properties, particularly selecting suitable species relating to soil properties and recreation activities.

Keyword: Plant species composition, plant-soil relationship, tropical deciduous forest, forest ecotone

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

² Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

³ Forestry, Establishment Project of Forestry school, Maejo University Phrae Campus, Rong Kwang, Phrae, 54140 Thailand

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

<https://doi.org/10.34044/j.tferj.2024.8.2.02>

คำนำ (Introduction)

ประเทศไทยปัจจุบันเป็นประเทศที่กำลังพัฒนา รวมทั้งการมีประชากรเพิ่มจำนวนมากขึ้น ทำให้ความต้องการในการใช้ประโยชน์เพื่อการดำรงชีวิตจากทรัพยากรต่าง ๆ มีจำนวนมากขึ้นเช่นกัน โดยเฉพาะ ทรัพยากรป่าไม้ จึงทำให้พื้นที่ป่าไม้ของประเทศลดลงอย่างรวดเร็ว จากการสำรวจพื้นที่ป่าของกรมป่าไม้ พบว่าในปี พ.ศ.2504 พื้นที่ป่าไม้มีประมาณร้อยละ 53.33 จนในปัจจุบันเหลือพื้นที่ป่าไม้อยู่เพียงร้อยละ 31.47 (Department of Forestry, 2023) ดังนั้นการจัดการการใช้ประโยชน์จากป่าไม้ให้มีประสิทธิภาพสูงจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ทั้งในมุมการศึกษาถึงลักษณะโครงสร้างสังคมพืชและความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม เป็นอีกหนึ่งแนวทางในการอธิบายนิเวศวิทยาป่าไม้ในเชิงปริมาณ ทำให้ทราบองค์ประกอบชนิดพรรณไม้และปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ ที่มีผลต่อการปรากฏของสังคมพืชนั้น ๆ (Marod & Kutintara, 2009) ซึ่งมักจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการป่าไม้โดยทั่วไป ปัจจุบันทรัพยากรป่าไม้ถูกส่งเสริมให้มีการท่องเที่ยวในพื้นที่ธรรมชาติหรือการท่องเที่ยวเชิงนิเวศมากขึ้น อีกทั้งยังเป็นแหล่งการเรียนรู้ และสร้างจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อม (Boo, 1991) นอกเหนือจากนั้นยังสร้างโอกาสทางเศรษฐกิจที่ส่งผลให้การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเกิดประโยชน์ต่อชุมชนอีกด้วย (Department of Forestry, 2006) กรมป่าไม้จึงมีแนวคิดในการสร้างป่านันทนาการ ที่มุ่งเน้นประโยชน์ในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติที่จะสามารถ

ตอบสนองต่อรูปแบบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศได้เป็นอย่างดี (Wongvanit, 1996)

ป่านันทนาการ คือ ป่าที่ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งเป็นป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การใช้เป็นแหล่งท่องเที่ยวพักผ่อนหย่อนใจ และศึกษาเรียนรู้ด้านการอนุรักษ์ธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยพื้นที่ป่าดังกล่าวจะต้องมีทัศนียภาพที่สวยงาม มีทรัพยากรทางธรรมชาติและประวัติศาสตร์ที่โดดเด่น (Hammit, 2004) ป่านันทนาการถูกจัดตั้งขึ้นภายใต้ยุทธศาสตร์ชาติด้านการท่องเที่ยว เพื่อพัฒนาพื้นที่ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์และมีทรัพยากรที่หลากหลายทั่วประเทศ นอกจากนั้นป่านันทนาการยังจัดตั้งขึ้นมาเพื่อให้ชุมชนรอบป่ารู้สึกถึงการเป็นเจ้าของป่า ดังนั้น ชุมชนจึงเปรียบเสมือนรั้วของป่าที่จะช่วยดูแลจัดการป่านันทนาการไม่ให้มีการบุกรุก อย่างไรก็ตามพื้นที่ป่านันทนาการโดยส่วนใหญ่ยังขาดการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะสังคมพืชที่ปรากฏภายใต้ปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงควรเร่งให้มีการศึกษาให้ครอบคลุมพื้นที่ป่าดังกล่าว เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพด้านการจัดการป่าไม้มากยิ่งขึ้น (Department of Forestry, 2019)

ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าภูดง ตั้งอยู่อำเภอภูดง จังหวัดอุดรธานี และ อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู มีพื้นที่ประมาณ 1,087 ไร่ มีแหล่งท่องเที่ยวที่น่าสนใจ เช่น บ่อน้ำพุร้อน ถ้ำสหายเก็บเสบียง ลาดขอม บ่อน้ำโนราห์ ถ้ำนกยูง เป็นต้น มีนักท่องเที่ยวที่เข้ามาใช้บริการเป็นจำนวนมาก รวมทั้งชุมชนโดยรอบเข้ามาใช้ประโยชน์จากทรัพยากรที่มีอยู่ เช่น เห็ดป่า

ผักหวาน ผลไม้ป่า ตลอดทั้งปี (Department of Forestry, 2015) แต่จนถึงปัจจุบันยังขาดข้อมูลการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่แห่งนี้ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการอนุรักษ์และพัฒนาต่อยอดด้านอื่น ๆ ดังนั้นจึงได้ออกแบบวิจัยเพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช และหาความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชร่วมกับคุณสมบัติดิน ซึ่งอาจเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับใช้วางแผนการจัดการป่านันทนาการถ้ำสิงห์ให้ถูกต้องกับปัจจัยกำหนดสังคมพืช และเพื่อความยั่งยืนของระบบนิเวศป่าไม้ในพื้นที่ต่อไป

อุปกรณ์ และวิธีการ (Materials and Methods)

1. สถานที่ศึกษา (Study area)

ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ ตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่ากุศจับ และป่าสงวนแห่งชาติ

ป่าเก่ากลอยและป่านากลาง ตำบลของชุม อำเภอกุศจับ จังหวัดอุดรธานี และตำบลกุศจิก อำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู (Royal Forest Department, 2021) พิกัดทางภูมิศาสตร์ UTM 48Q X: 227786 Y: 1920921 (Figure 1) มีพื้นที่ 1,087 ไร่ ครอบคลุมท้องที่อำเภอ อำเภอกุศจับ จังหวัดอุดรธานี และอำเภอเมืองหนองบัวลำภู จังหวัดหนองบัวลำภู มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 450 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 22 – 31 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปีโดยทั่วไปอยู่ระหว่าง 1,000 – 1,600 มิลลิเมตร (Meteorological Department, 2020) มีสภาพโดยทั่วไปเป็นป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest, DEF) ป่าผสมผลัดใบ (Mixed deciduous forest, MDF) และป่าเต็งรัง (Deciduous dipterocarp forest, DDF)

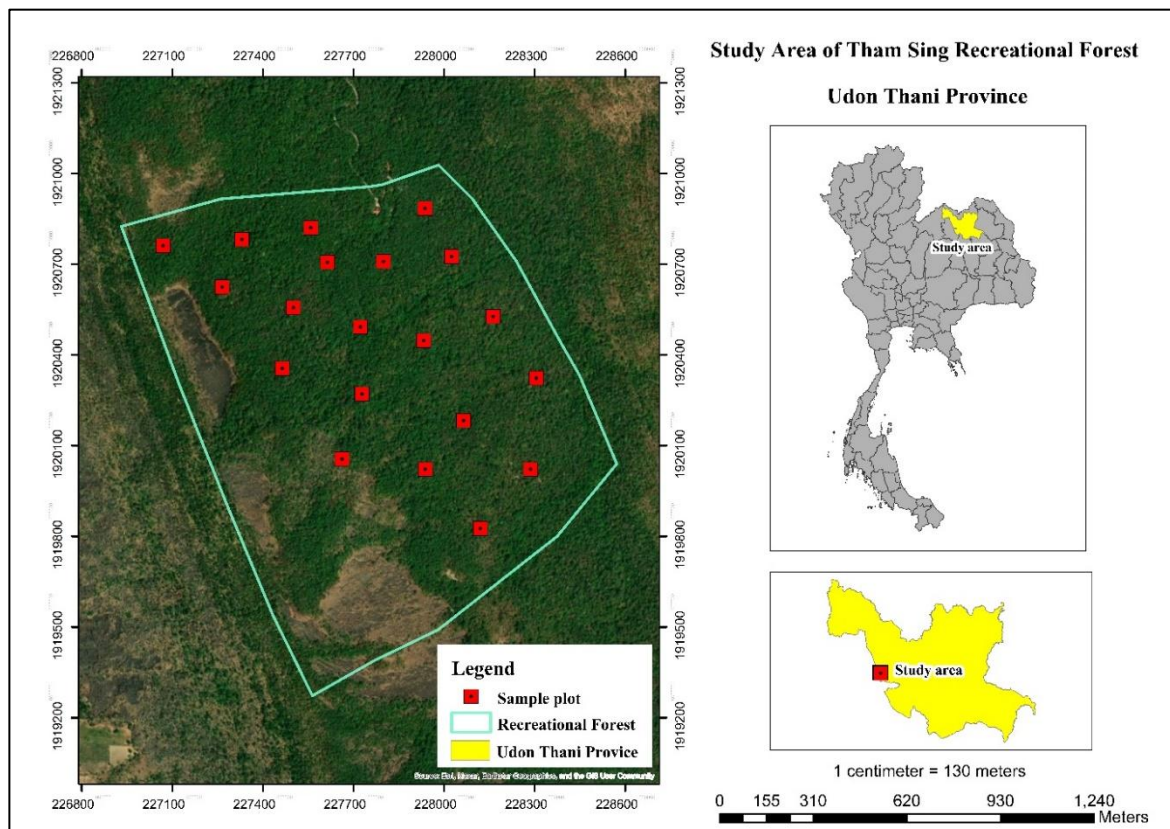


Figure 1 Location of purposive sampling plots of Tham Singha recreational forest

2. การเก็บข้อมูล (Data collection)

วางแผนตัวอย่างแบบสุ่มเจาะจง (Purposive sampling) ตามลักษณะตัวแทนที่ดีของสังคมพืช หลังจากการเดินสำรวจทั่วพื้นที่การศึกษา แล้วทำการวางแผนขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ตามวิธีการของ Laing *et al.* (2019) จำนวน 20 แปลง ให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่แล้วทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบพรรณพืช ได้แก่ ไม้ต้น (Tree) คือ ไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (DBH) ที่ความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร มากกว่าหรือเท่ากับ 4.5 เซนติเมตร ด้วยเทปวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ต้นทุกชนิดที่ปรากฏภายในแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร ในส่วนไม้รุ่น/ไม้หนุม (Sapling) ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูง มากกว่า 1.3 เมตร และกล้าไม้ (Seedling) ที่มี DBH น้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร สูงน้อยกว่า 1.3 เมตร ทำการนับจำนวนไม้รุ่นและกล้าไม้ทุกชนิดที่ปรากฏในแปลงตัวอย่างขนาด 5 เมตร x 5 เมตร กึ่งกลางแปลงตัวอย่าง พร้อมจำแนกชนิดโดยระบุชื่อวิทยาศาสตร์ตาม Pooma & Suddee (2014)

ทำการเก็บตัวอย่างดิน ในแต่ละแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร โดยสุ่มจุดตัวอย่างดินทุกแปลง จำนวน 5 จุด ได้แก่ ตรงจุดศูนย์กลาง และมุมทั้ง 4 ด้วยการเก็บแบบทำลายโครงสร้างดิน แล้วทำการคลุกเคล้าตัวอย่างดินทั้ง 5 จุดให้เข้ากัน เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีและสมบัติทางกายภาพ

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

1. ทำการจัดกลุ่มหมู่ไม้ (Cluster analysis) โดยใช้จำนวนต้นของชนิดไม้ในแต่ละแปลง

ตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 20 เมตร มาใช้จำแนกสังคมพืช (Community classification) โดยประยุกต์ใช้หลักความคล้ายคลึงของ Sorensen (1948) ในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (Dissimilarity) และใช้หลักการรวมกลุ่มตามวิธีของ Ward (Kent *et al.*, 1994) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรม PCOR Version 6 (McCune & Mefford, 2011)

2) การวิเคราะห์ค่าเชิงปริมาณทางสังคมของไม้ต้น วิเคราะห์ตามแนวทางของ Marod & Kutintara (2009) โดยค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance value index, IVI) จากการหาความหนาแน่น (density, D: ต้น/เฮกแตร์) ความเด่นด้านพื้นที่หน้าตัด (Dominance, Do: ตร.ม./เฮกแตร์) และความถี่ (Frequency, F: %) เพื่อหาค่าความสัมพันธ์ทั้งสามค่าดังกล่าว ซึ่งผลรวมของค่าสัมพันธ์ทั้งสามค่าจะเท่ากับค่าดัชนีความสำคัญของไม้ต้น และหาค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Species diversity index) ตามสมการ Shannon – Wiener index (Magurran, 1988)

3) วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตามมาตรฐานของ Walkley and Black (1934); Nelson and Sommers, (2018) ที่ห้องปฏิบัติการคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM; %) ธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจน (N; %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg⁻¹) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K; mg kg⁻¹) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg⁻¹) และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg; mg kg⁻¹) และค่าความหนาแน่นรวม (Bulk density) ด้วยวิธี Core method (Blake and Hartge, 1986)

4) การทดสอบความแปรปรวน (ANOVA) ของข้อมูลคุณสมบัติดินในแต่ละสังคมย่อยที่ได้จากการ จัดกลุ่มหมู่ไม้ โดยนำค่าต่าง ๆ ของคุณสมบัติดินมาวิเคราะห์หาความแปรปรวน ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% หลังจากมีการทดสอบการแจกแจงปกติ ด้วยโปรแกรม SPSS version 14

5) การลำดับสังคมพืช (Ordination) เพื่อหาความสัมพันธ์ของหมู่ไม้กับคุณสมบัติดิน โดยใช้ค่าจำนวนไม้ต้นแต่ละชนิดในแต่ละแปลง เป็นเมทริกซ์หลัก (Main matrix) และคุณสมบัติดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ (OM; %) ธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน (N; %) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg^{-1}) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K; mg kg^{-1}) แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg^{-1}) และ แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg; mg kg^{-1}) ให้เป็นเมทริกซ์รอง (Second matrix) โดยใช้วิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA)

ด้วยโปรแกรม PC-ORD version 6 (McCune & Mefford, 2011)

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. โครงสร้างและการจำแนกสังคมพืช

สังคมพืชบริเวณป่าต้นทนาการถ้ำสิงห์ เป็นป่าผลัดใบที่มีความซ้อนทับ (Overlapping) ระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง ผลการจัดกลุ่มสังคมพืชที่ระดับความคล้ายคลึงร้อยละ 37.5 จำแนกสังคมพืชได้เป็น 3 สังคมย่อย คือ 1) สังคมพืชป่าผสมผลัดใบ (MDF) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง MDF1, MDF2, MDF3, MDF4, MDF5 และ MDF6 2) สังคมพืชป่ารอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง (Ecotone, ECT) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง ECT1, ECT2, ECT3, ECT4 และ ECT5 และ 3) สังคมพืชป่าเต็งรัง (DDF) ได้แก่ หมู่ไม้ในแปลงตัวอย่าง DDF1, DDF2, DDF3, DDF4, DDF5, DDF6, DDF7, DDF8 และ DDF9 มีรายละเอียดดังนี้

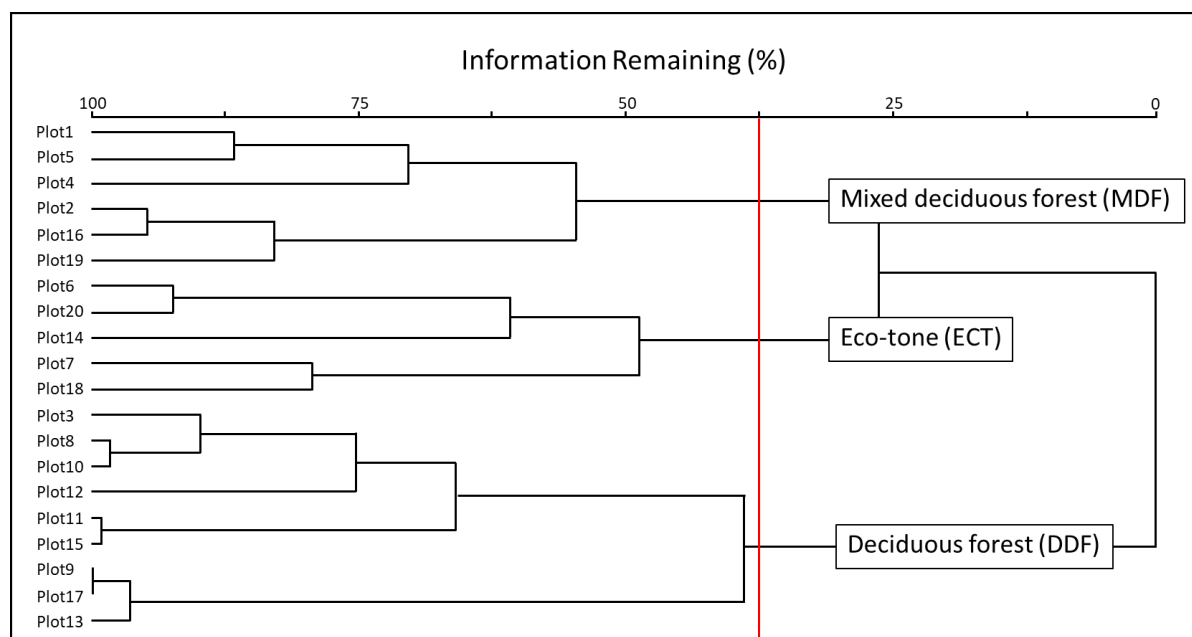


Figure 2 The dendrogram based on tree species in each sample plot of Tham Singha recreational forest.

1. สังคมพืชป่าผสมผลัดใบ (MDF) พบชนิดไม้ทั้งหมด 35 ชนิด 31 สกุล 21 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 812.5 ต้น/เฮกแตร์ และ 20.42 ตารางเมตร/เฮกแตร์ ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.97 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ พลับพล่า (*Microcos tomentosa*), กาสามปีก (*Vitex peduncularis*), แดง (*Xylocarpus xylocarpa*), ตั้วขน (*Cratogeomys formosum*) และเขลง (*Dialium cochinchinense*) (Table 2) ไม้รุ่มพบ 19 ชนิด 18 สกุล 13 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่ม เท่ากับ 8866.67 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.47 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ตั้วขน พลับพล่า เหมือดแอ (*Memecylon edulae*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) และ แดง (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 19 ชนิด 18 สกุล 12 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 28466.67 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.55 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ พลับพล่า เหมือดแอ แดง เปล้าหลวง (*Croton oblongifolius*) และตั้วขน (Table 2)

2. สังคมป่ารอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและพืชป่าเต็งรัง (ECT) พบชนิดไม้ทั้งหมด 28 ชนิด 25 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 755 ต้น/เฮกแตร์ และ 25.79 ตารางเมตร/เฮกแตร์ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด

(Shannon index, H') เท่ากับ 2.91 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ กระบก (*Irvingia malayana*) เหมือดโลด ตั้วขน ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) และ ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) (Table 2) ไม้รุ่มพบ 22 ชนิด 22 สกุล 13 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่ม เท่ากับ 8640 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.84 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ เหมือดโลด แดง ประดู่ป่า ยางเหียง และกระบก (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 24 ชนิด 22 สกุล 15 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 21120 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.85 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ตั้วขน เหมือดแอ แดง เหมือดโลด และ กระบก (Table 2)

3. สังคมพืชป่าเต็งรัง (DDF) พบชนิดไม้ทั้งหมด 30 ชนิด 28 สกุล 17 วงศ์มีความหนาแน่นของจำนวนต้นไม้ และขนาดพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้น เท่ากับ 972.22 ต้น/เฮกแตร์ และ 25.85 ตารางเมตร/เฮกแตร์ตามลำดับ มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.42 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ ยางเหียง เต็ง (*Shorea obtuse*) แดง ประดู่ป่า และรักน้ำเกลี้ยง (*Gluta laccifera*) (Table 2) ไม้รุ่มพบ 26 ชนิด 24 สกุล 16 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนไม้รุ่ม เท่ากับ 8977.78 ต้น/เฮกแตร์ และมีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.66 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ

5 ลำดับแรก คือ ยางเหียง เต็ง เหม็อดแอ ตั้วขน และประดู่ป่า (Table 2) ในระดับกล้าไม้พบ 26 ชนิด 23 สกุล 14 วงศ์ มีความหนาแน่นของจำนวนกล้าไม้เท่ากับ 24044.44 ต้น/เฮกแตร์ และ

มีค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (Shannon index, H') เท่ากับ 2.88 (Table 1) ชนิดไม้เด่นเมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญ 5 ลำดับแรกคือ เต็ง ยางเหียง ประดู่ป่า ตั้วขน และแดง (Table 2)

Table 1 Plant community characteristics of mixed deciduous forest (MDF), forest ecotone (ETC), and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Tham Singha recreational forest, Udon Thani Province.

Community character	MDF	ECT	DDF
Tree			
Number of species	35	28	30
Number of genera	31	25	28
Number of family	21	16	17
Stem density (stems ha ⁻¹)	812.5	755	972.22
Basal area (m ² ha ⁻¹)	20.42	25.79	25.85
Shannon-Weiner index	2.97	2.91	2.42
Sapling			
Number of species	19	22	26
Number of genera	18	22	24
Number of family	13	13	16
Stem density (stems ha ⁻¹)	8,866.67	8,640	8,977.78
Shannon-Weiner index	2.47	2.84	2.66
Seedling			
Number of species	19	24	26
Number of genera	18	22	23
Number of family	12	15	14
Stem density (stems ha ⁻¹)	28,466.67	21,120	24,044.44
Shannon-Weiner index	2.55	2.85	2.88

Table 2 Top five ranking based on IVI of mixed deciduous forest (MDF), forest ecotone (ETC), and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Tham Singha recreational forest, Udon Thani Province, including relative dominance (RDo, %), relative density (RD, %), and relative frequency (RF, %).

Plant community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
MDF	Tree	1. <i>Microcos tomentosa</i>	9.63	15.90	8.00	33.53
		2. <i>Vitex peduncularis</i>	15.31	10.26	5.33	30.90
		3. <i>Xylia xylocarpa</i>	9.07	8.21	8.00	25.27
		4. <i>Cratoxylum formosum</i>	5.47	10.77	8.00	24.24
		5. <i>Dialium cochinchinense</i>	8.02	4.62	4.00	16.64
	Sapling	1. <i>Cratoxylum formosum</i>	-	21.80	11.36	33.17
		2. <i>Microcos tomentosa</i>	-	12.03	13.64	25.67
		3. <i>Memecylon edulae</i>	-	18.80	6.82	25.62
		4. <i>Aporosa villosa</i>	-	7.52	9.09	16.61
		5. <i>Xylia xylocarpa</i>	-	5.26	6.82	12.08
	Seedling	1. <i>Microcos tomentosa</i>	-	10.54	13.64	24.18
		2. <i>Memecylon edulae</i>	-	13.82	9.09	22.91
		3. <i>Xylia xylocarpa</i>	-	11.48	11.36	22.84
		4. <i>Croton oblongifolius</i>	-	12.65	9.09	21.74
		5. <i>Cratoxylum formosum</i>	-	14.52	6.82	21.34
ECT	Tree	1. <i>Irvingia malayana</i>	28.50	3.31	5.08	36.89
		2. <i>Aporosa villosa</i>	5.78	15.23	8.47	29.49
		3. <i>Cratoxylum formosum</i>	4.64	15.23	8.47	28.34
		4. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	7.04	9.27	5.08	21.39
		5. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	5.94	5.96	6.78	18.68
	Sapling	1. <i>Aporosa villosa</i>	-	10.19	10.00	20.19
		2. <i>Xylia xylocarpa</i>	-	12.04	7.50	19.54
		3. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	-	7.41	7.50	14.91
		4. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	-	7.41	7.50	14.91
		5. <i>Irvingia malayana</i>	-	9.26	5.00	14.26

Table 2 (continued)						
Plant community	Staged	Species	RDo	RD	RF	IVI
(ETC)	Seedling	1. <i>Cratoxylum formosum</i>	-	12.88	8.11	20.99
		2. <i>Memecylon edulae</i>	-	8.33	8.11	16.44
		3. <i>Xylia xylocarpa</i>	-	7.58	8.11	15.68
		4. <i>Aporosa villosa</i>	-	7.95	5.41	13.36
		5. <i>Irvingia malayana</i>	-	7.95	5.41	13.36
DDF	Tree	1. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	22.33	27.43	9.38	59.14
		2. <i>Shorea obtusa</i>	16.73	21.71	9.38	47.82
		3. <i>Xylia xylocarpa</i>	15.77	7.43	8.33	31.53
		4. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	8.82	7.43	8.33	24.58
		5. <i>Gluta laccifera</i>	8.25	8.00	6.25	22.50
	Sapling	1. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	-	15.35	12.50	27.85
		2. <i>Shorea obtusa</i>	-	13.37	12.50	25.87
		3. <i>Memecylon edulae</i>	-	17.33	7.81	25.14
		4. <i>Cratoxylum formosum</i>	-	10.89	10.94	21.83
		5. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	-	4.95	6.25	11.20
	Seedling	1. <i>Shorea obtusa</i>	-	11.09	15.00	26.09
		2. <i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	-	11.09	10.00	21.09
		3. <i>Pterocarpus macrocarpus</i>	-	9.98	10.00	19.98
		4. <i>Cratoxylum formosum</i>	-	9.98	8.33	18.31
		5. <i>Xylia xylocarpa</i>	-	7.39	6.67	14.06

จากผลการศึกษาข้างต้น พบว่าสังคมป่าผสมผลัดใบ (MDF) ปรากฏไม้ดัชนีความสำคัญในเรือนยอดชั้นรองของสังคมป่าดิบแล้ง (Smitinand, 1977) แต่ในขณะเดียวกันยังพบไม้เด่นของสังคมพืชป่าผสมผลัดใบดั้งเดิมขึ้นปะปนอยู่ด้วย เช่น แดง เป็นต้น เมื่อพิจารณาการสืบต่อ

พันธุ์ในระดับไม้รุ่น และระดับกล้าไม้พบว่ามีการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในชนิดที่เป็นพรรณไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากมีการทดแทนจากเมล็ดไม้ที่ฝังอยู่ในดิน และการแตกหน่อจากตอเก่าของไม้ใหญ่ (Hull *et al*, 2008) ในส่วนของสังคมพืชรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและ

สังคมพืชป่าเต็งรัง (ECT) ไม้ใหญ่ที่มีดัชนีความสำคัญสูงพบว่าเป็นไม้เด่นในสังคมป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรังขึ้นปะปนกัน เมื่อพิจารณาในระดับไม้หนุ่มและกล้าไม้พบว่าชนิดที่มีแนวโน้มการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับต้น ๆ เป็นไม้ในเรือนยอดชั้นรองของชนิดในสังคมป่าผสมผลัดใบและสังคมป่าเต็งรัง ซึ่งสังคมพืชที่เป็นแนวเชื่อมต่อระหว่างป่า (Ecotone) เป็นสังคมที่ถือว่าไม่อยู่ในสภาพที่เสถียร (Sustainable) เนื่องจากอยู่ในขั้นตอนของการแก่งแย่งเพื่อยึดครองพื้นที่ระหว่างชนิดไม้เด่นของทั้งสองสังคมและมักปรากฏก่อนข้างเด่นชัดตามแนวเชื่อมต่อระหว่างป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ เพราะมีสภาพปัจจัยแวดล้อมที่ใกล้เคียงกัน เช่น ระดับความสูง และปริมาณน้ำฝน เป็นต้น (Hemhuk *et al.*, 2015) ในขณะที่สังคมป่าเต็งรัง (DDF) พบว่าพรรณไม้ดัชนีของสังคมป่าเต็งรัง เช่น เหียง และ เต็ง เป็นไม้เด่น ซึ่งถือว่าเป็นชนิดไม้ดัชนีที่สำคัญของป่าเต็งรัง (Kutintara, 1975) การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติในระดับลูกไม้ส่วนใหญ่เป็นไม้เด่นในสังคมป่าเต็งรัง แต่เมื่อพิจารณาระดับกล้าไม้กลับพบว่านอกจากการปรากฏชนิดไม้เด่นของป่าเต็งรังแล้วยังมีชนิดไม้ดัชนีของป่าผสมผลัดใบเข้ามาปะปน อาจเป็นเพราะในพื้นที่ไม่เกิดไฟป่าเป็นเวลานาน ส่งผลให้มีความชื้น (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) สอดคล้องกับการศึกษาอื่นๆ เช่น ป่าเต็งรังป้องกันไฟป่า สวนพฤกษศาสตร์สุโกโนทยาน (Pairuang *et al.*, 2020) ป่าเต็งรังแคะป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี (Srikoon *et al.*, 2021) นอกจากนั้นกล้าไม้ส่วนใหญ่เกิดจากการการแตกหน่อซึ่งเป็นการปรับตัวเพื่อการอยู่รอดภายใต้

อิทธิพลของไฟป่า โดยเฉพาะยางเหียง รัง พลวง และเต็ง เป็นต้น (Wacharakitti & Intrachantra, 1969) ส่วนใหญ่กล้าไม้ดัชนีในป่าเต็งรังมักมีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยา (amplitude of tolerance) ค่อนข้างกว้าง พบได้ทั้งที่ราบที่ดินชั้นไปจนพื้นที่แห้งแล้งและมีหินมาก แต่ขนาดของลำต้นจะแปรผันไปตามความแห้งแล้ง เป็นต้น (Kutintara, 1975)

2. สมบัติดิน

พบว่าคุณสมบัติดินของแต่ละสังคมพืชมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากดินในพื้นที่การศึกษาถูกจัดอยู่ชุดดิน 48 โดยส่วนมากมักเป็นดินของป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง เป็นดินต้นถึงชั้นก่อนกรวดหรือลูกรัง หนาแน่น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดแคลนน้ำ และเกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียน้ำดินได้ง่ายในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (Land Development Department, 2015) เมื่อพิจารณารายสังคมพืชโดยป่าผสมผลัดใบ (MDF) มีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด (OM; %) เท่ากับ 3.37 % และ ไนโตรเจน (N; %) เท่ากับ 0.15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่น ๆ พบว่าน้อยกว่าการศึกษาของ Somprakon *et al.*, (2024) ที่ศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าผสมผลัดใบพื้นที่บ้านบุญแจ่ม จังหวัดแพร่ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงถึงสูงมากมีค่าเท่ากับ 6.65 % สังคมพืชรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและสังคมพืชป่าเต็งรัง (ECT) มีค่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg⁻¹) สูงสุดเท่ากับ 9.26 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K; mg kg⁻¹) เท่ากับ 93.47 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และสังคมพืช

ป่าเต็งรัง (DDF) มีค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg^{-1}) สูงสุดถึง 299.33 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ (Mg; mg kg^{-1}) เท่ากับ 70.31 มิลลิกรัม/กิโลกรัม น้อยกว่าการศึกษาของ Pongboon *et al.*, (1988) แคลเซียมจัดอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง 695-1,022 ppm สำหรับแมกนีเซียมมีค่าอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 80.7-105.2 ppm (Table 3) แสดงให้เห็นว่าสังคมพืชป่าผสมผลัดใบมีแนวโน้มในการสะสมปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าสังคมพืชอื่น ๆ เนื่องจากมีการทับถมของเศษซากอินทรีย์ในดิน อีกทั้งอินทรีย์วัตถุยังเป็นแหล่งปลดปล่อยไนโตรเจนให้แก่ดิน (Brady & Weil, 2008) นอกเหนือจากนั้นยังเป็นผลมาจากลักษณะของดินเขตร้อนเมื่อมีการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในดินชั้นบน ดังนั้นอินทรีย์วัตถุจึงมีการสะสมอยู่ในดินชั้นบนมากกว่าดินชั้นล่าง (Sonkanha *et al.*, 2012) นอกเหนือจากนั้นป่าผสมผลัดใบยังมีการสะสมปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าสังคมป่าเต็งรังเนื่องจากโดยปกติแล้วป่าผสมผลัดใบส่วนใหญ่มักปรากฏธาตุอาหารสูงกว่าป่าเต็งรัง (Thammanu *et al.*, 2020) แต่ในขณะเดียวกันสังคมป่าเต็งรังมีปริมาณธาตุอาหารใกล้เคียงกับการศึกษาของ Srikoon *et al.*, (2021) ที่ได้ทำการศึกษา ลักษณะสังคมพืชและคุณสมบัติดินของป่าเต็งรังแควป้องกันไฟ 40 ปี ในพื้นที่วนอุทยานแพะเมืองผี จังหวัดแพร่ เป็นต้น

3. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติดินและองค์ประกอบชนิดไม้ต้น

การจัดลำดับสังคมพืช โดยการพิจารณาค่า eigenvalue บนแกนที่ 1 (axis 1) แกนที่ 2

(axis 2) และแกนที่ 3 (axis 3) มีค่าเท่ากับ 0.304, 0.203 และ 0.156 ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการเปลี่ยนสลับแกนที่ 1 ไปยังแกนที่ 2 มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด ดังนั้นการใช้แกนที่ 1 และ 2 อธิบายผลความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและคุณสมบัติดินจึงมีความถูกต้องสูง โดยสมบัติดินมีอิทธิพลต่อการปรากฏของพรรณไม้เด่นของแต่ละสังคมพืชและสามารถแบ่งการกระจายไม้เด่นได้เป็น 3 กลุ่ม (Figure 3) ดังนี้ กลุ่มที่ 1 ชนิดไม้เด่นของสังคมป่าผสมผลัดใบ (MDF) ส่วนใหญ่ถูกกำหนดด้วย อินทรีย์วัตถุ (OM; %) ในโตรเจน (N; %) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (P; mg kg^{-1}) ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ มะค่าแต้ (SINSIA) ก่อจีห่ม (QUEHEL) เกลง (DIACOC) และตัวขน (CRAFOR) เป็นต้น กลุ่มที่ 2 ชนิดไม้เด่นของสังคมพืชรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและสังคมป่าเต็งรัง (ECT) ไม่ถูกกำหนดด้วยคุณสมบัติดิน พรรณไม้ประกอบไปด้วย เต็ง (SHOGBT) ประดู่ป่า (PTEMAC) แดง (XYIXYL) และรัง (PENSIA) เป็นต้น เนื่องจากมีชนิดไม้เด่นของทั้งสองสังคมพืชที่ขึ้นร่วมกันได้ นอกเหนือจากนั้นแนวรอยต่อนี้มักมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม กล่าวคือมีการรุกรานกระจายเมล็ดพันธุ์เพื่อขยายพื้นที่ของตนเองเข้าไปในเขตของอีกสังคมอยู่เสมอ (Kark, 2007) ด้วยเหตุนี้พืชจึงมีวิวัฒนาการสำหรับการกระจายเมล็ดพันธุ์ เช่น พืชบางชนิดมีวิวัฒนาการของผลให้มีการแตกออกและเมล็ดมีการกระเด็นออกห่างจากต้นแม่ บางชนิดวิวัฒนาการให้มีปีกเส้นใย ปุยนุ่ม ที่สามารถลอยตามลมได้ หรือบางชนิดมีวิวัฒนาการให้สัตว์เป็นตัวกระจายเมล็ด เป็นต้น (Elliott *et al.*, 2005)

Table 3 Comparing of soil properties of mixed deciduous forest (MDF), forest ecotone (ETC), and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Tham Singha recreational forest, Udon Thani Province, by using ANOVA test significance at CI 95%.

Soil condition	MDF			ECT			DDF			<i>p-value</i>
	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	Mean ± SD	Min	Max	
OM (%)	3.37 ± 1.61	1.22	5.16	2.99 ± 1.41	1.07	4.84	2.31 ± 0.94	1.21	3.74	0.3
N (%)	0.15 ± 0.08	0.05	0.24	0.12 ± 0.06	0.04	0.21	0.09 ± 0.04	0.05	0.16	0.23
P (mg kg⁻¹)	2.22 ± 0.42	1.62	2.57	9.26 ± 12.94	1.96	32.36	3.49 ± 1.35	1.96	5.73	0.18
Ca (mg kg⁻¹)	207.92 ± 70.20	132.01	294.77	185.39 ± 65.11	86.8	247.71	299.33 ± 186.24	148.65	769.18	0.27
K (mg kg⁻¹)	70.49 ± 28.93	43.02	109.16	93.47 ± 51.15	37.55	175.72	66.31 ± 26.21	28.8	112.66	0.37
Mg (mg kg⁻¹)	56.87 ± 39.33	19	116.62	59.31 ± 29.40	20	99.3	70.31 ± 46.76	30.66	171.63	0.8
Bulk density (g cm³)	1.05 ± 0.19	0.86	1.37	0.99 ± 0.13	0.85	1.12	1.00 ± 0.21	0.76	1.36	0.84

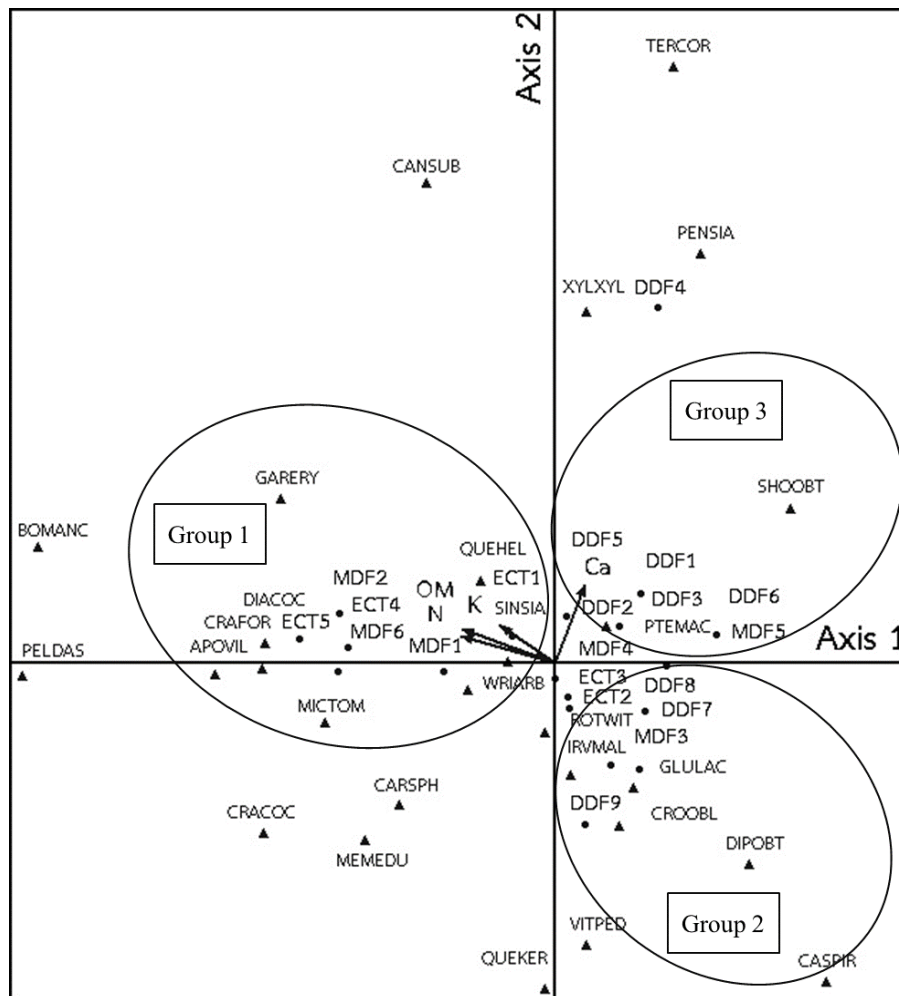


Figure 3 The CCA ordination diagram representing the relationship between the tree species in each group and the edaphic factors. Triangles with five abbreviations indicated tree species, while, the circles expressed sample plot in each plant community.

กลุ่มที่ 3 สังกมพืชป่าเต็งรัง (DDF) ถูกกำหนดด้วย แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Ca; mg kg⁻¹) พรรณไม้ที่พบได้แก่ ยางเหียง (DIPOBT) รักน้ำเกลี้ยง (GLULAC) กระบก (IRVMAL) และเปกล้าหลวง (CROOBL) เป็นต้น เมื่อพิจารณาคุณสมบัติดินในสังกัดป่าเต็งรังจะเห็นว่าการสะสมปริมาณแคลเซียมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสังกัดอื่นๆ อาจเป็นเพราะวัตถุดิบกำเนิดที่มาจากหินกรวด (Srikoon et al, 2021) เป็นต้น

สรุป (Conclusion)

สังกัดป่านันทนาการถ้ำสิงห์ เป็นกลุ่มสังกัดป่าผลัดใบ ประกอบด้วยสังกัดย่อย คือ สังกตป่าผสมผลัดใบ สังกตป่าเต็งรัง และสังกัดรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง โดยสังกัดป่าผสมผลัด พรรณไม้เด่น มีความสัมพันธ์กับ อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน และ โพแทสเซียม ในส่วนของสังกัดรอยต่อระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง พบดัชนีของชนิดไม้ทั้งสองสังกัดขึ้นปะปนกันทั้งในระดับไม้ใหญ่ ลูกไม้ และ กล้าไม้ และไม่มีการกำหนดด้วยสมบัติดิน

อย่างชัดเจน สังคมป่าเต็งรังที่มีชนิดไม้เด่น คือ เต็ง และเหียง ในขณะที่ในระดับลูกไม้และกล้าไม้พบว่าชนิดไม้ป่าผสมผลัดใบเข้ามาปะปนพรณไม้เด่นมีความสัมพันธ์กับ แคลเซียม ดังนั้นในการจัดการเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านความหลากหลายของพรรณพืชในพื้นที่ป่านันทนาการถ้ำสิงห์ตลอดจนการพัฒนาพื้นที่เพื่อรองรับกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงนิเวศ และจึงควรพิจารณาคุณสมบัติดินประกอบด้วย นอกเหนือจากนั้นหากเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของดินอาจส่งผลให้โครงสร้างสังคมพืชเปลี่ยนแปลงไป อีกทั้งควรมีการสำรวจพลวัตสังคมพืชในพื้นที่ในระยะยาว และปัจจัยแวดล้อมบางประการ เพื่อติดตามการแปรผันของสังคมพืชที่จะทำให้การจัดการมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณหัวหน้าและบุคลากรป่านันทนาการถ้ำสิงห์ เจ้าหน้าที่หน่วยป้องกันรักษาป่าที่ อด. 2 (หนองวัวซอ) ที่อำนวยความสะดวกและอนุเคราะห์สถานที่สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ สุดท้ายขอขอบคุณคณาจารย์สาขาวิชาการจัดการป่าไม้ที่กระตุ้นให้เกิดการศึกษาวิจัยครั้งนี้จนลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง (References)

Blake, G.R. & K. H. Hartge. 1986. **Bulk Density.** In A. Klute (ed.) **Methods of Soil Analysis. Part 1 - Physical and Mineralogical Methods Second Edition.** American Society of Agronomy, Madison WI, USA.

Boo, E. 1991. **Ecotourism: The Potentials and Pitfalls.** World Wildlife Fund- US, Washington D.C., USA

Brady, N. C. & R. R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils.** 14th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA

Bunyavejchewin, S., Y. Jamlongrat, R. Buasalee & P. Rayanggul. 2016. **Trees & forest of Huai Kha Kaeng Wildlife Sanctuary.** Amarin Printing & Publishing, Bangkok. (in Thai)

Department of Forestry. 2006. **Ecotourism.** Available source: <http://www.forest.go.th/WEFCOM/Part2TAT.html>. (Accessed: May, 2023) (in Thai)

Department of Forestry. 2015. **Basic information.** National Reserve Forest Group Management Center, No. 145, Pa Kut Chap, Udon Thani Province, Thailand. (in Thai)

Department of Forestry. 2019. **Forest areas in Thailand.** Available source: <http://www.forest.go.th>. (Accessed: May, 2023) (in Thai)

Department of Forestry. 2023. **Forest areas in Thailand.** Available source: <https://data.forest.go.th/dataset/https-www-forest-go-th-land>. (Accessed: May, 2023) (in Thai)

- Elliott, S., D. Blakesley, J. F. Maxwell, S. Doust & S. Suwannaratana. 2005. **The Principles and Practice of Restoring Tropical Forests**. Forest Restoration Research Unit, Biology Department, Science Faculty, Chiang Mai University, Thailand. (in Thai)
- Hammitt, W.E. 2004. **Recreation: User Needs and Preferences**. pp. 949- 958. Encyclopedia of Forest Sciences.
- Hemhuk, S. , A. Jingjai. , J. Tongsawee, S. Tinkampang & D. Marod. 2015. **Study to species composition, biomass and carbon stock along the ecotone between deciduous dipterocarp forest and lower montane evergreen forest at Doi Suthep-Pui national park, Chiang Mai province**. pp. 238- 242. In Proceedings of Thai Forest Ecological Research Network Conference, T-FERN 4, January 22 - 23 , 2015, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Phitsanulok, Thailand. (in Thai).
- Hull, J. C., H. S. Neufeld. & F. S. Gilliam. 2008. **Plant ecology**. pp. 2818-2824, Encyclopedia of Ecology.
- Kark, S. 2007. **Effects of Ecotones on Biodiversity**. pp. 1-10. Encyclopedia of Biodiversity.
- Kent, M., & P. Coker. 1992. **Vegetation Description and Analysis: A Practical Approach**. John Wiley and Sons, New York.
- Kutintara, U. 1975. **Structure of the dry dipterocarp forest**. Ph.D. Thesis. Colorado State University, Fort Collins, USA.
- Laing, R. S., K. H. Ong, R. J. H. Kueh, N. G. Mang, P. J. H. King & 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. <https://doi.org/10.1007/s11629-018-5219-4>
- Land Development Department. 2005. **62 groups of soil cluster data**. Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. Available source: http://oss101.ddd.go.th/web_thaisoilinf/62_soilgroup/62sg_desc/desc_48.html (Accessed: February 18, 2021). (in Thai)
- Magurran, A.E. 1988. **Ecological diversity and its measurement**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- McCune, B. & M. J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.0 for Windows**. MjM Software, Gleneden Beach, Oregon, U.S.A.

- Meteorological Department. 2020. **Climate of Udon Thani Province**. Available source: [http://climate.tmd.go.th/data/province/Northeastern/Udon Thani Climate](http://climate.tmd.go.th/data/province/Northeastern/Udon%20Thani%20Climate). (Accessed: February 18, 2021). (in Thai)
- Pairuang, N., C. Thapyai & L. Asanok. 2020. 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)
- Pongboon, T., P. Thitirotnjanawat, W. Wittawaschutikul, J. Taweekul, A. Limtawon & P. Klaymuk. 1988. **Soil properties in natural forests Huai Rai Basin area at the Phu Phan Development Study Center under the Royal Initiative, Sakon Nakhon Province**. Royal Forest Department, Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok. (in Thai)
- Pooma, R. & S. Suddee. 2014. **Thai plant names (Botanical name – vernacular names) Revised Edition**. Bangkok, Thailand: Royal Forest Department. (in Thai)
- Royal Forest Department. 2021. **The 10 recreational forests in Thailand**. Ministry of Natural Resources and Environment, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Smitinand, T. 1977. **Vegetation and ground cover on Thailand**. Bangkok: Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)
- Sonkanha, W. , S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne & T. Artchawakom. 2012. Soil characteristics under various types of forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal** 40(1) : 7- 18. (in Thai)
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. **Biologiske Skrifter** 5 (4): 1–34.
- Srikoon, P. , R. Taweekul, P. Pramosee, P. Chankaew. & L. Asanok. 2021. Vegetation community characteristics and edaphic factors in 40 years fire protection of dwarf deciduous dipterocarp forest, Phae Muang Phi Forest Park, Phrae Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 5(1): 33-52. (in Thai)

Wacharakitti, S. & P. Intrachantra. 1969. **Study on the coppicing power and growth of some valuable tree species in dry dipterocarps forest.** pp. 392 - 400 .
In Proceedings of the National Conference on Agricultural and Biological Sciences Tenth Session, Plant Science 8, February 3-6, 1969. Kasetsart University, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Walkley, A. J. & I. A. Black. 1934. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. **Soil Science** 37: 29-38.
<http://dx.doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.