ศักยภาพการสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศป่าชุมชนบ้านหนองเต่า อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

ฐปรัฏฐ์ สีลอยอุ่นแก้ว[1*] สุนทร คำยอง[2] นิวัติ อนงค์รักษ์[3]
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200
และเกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง[4]
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 63 หมู่ 4 ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาศักยภาพของระบบนิเวศป่าไม้ที่มีต่อการสะสมฟอสฟอรัสของป่าชุมชนบ้านหนองเต่า อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่แบ่งออกเป็นป่าชุมชนอนุรักษ์และป่าใช้สอย โดยใช้วิธีวิเคราะห์สังคมพืชในแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ม.^{2} จำนวนชนิดป่าละ 50 แปลง รวม 100 แปลง วางกระจายแบบสุ่ม วัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอกและความสูงของพันธุ์ไม้ทุกชนิดที่สูง 1.5 ม. ขึ้นไป ศึกษาความหลากชนิดพันธุ์ มวลชีวภาพและปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในระบบนิเวศ พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 244 ชนิด (166 สกุล 73 วงศ์) ในป่าอนุรักษ์ ส่วนใหญ่เป็นไม้วงศ์ก่อ ป่าใช้สอยพบชนิดพันธุ์ไม้น้อยกว่า (132 ชนิด 93 สกุล 53 วงศ์) โดยมีสนสามใบเป็นไม้เรือนยอดเด่นในป่าทั้งสอง ดัชนีความหลากชนิดพันธุ์ในป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอยมีค่า 6.19 และ 4.16 ตามลำดับ พันธุ์ไม้ที่มีอิทธิพลมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ คือ สนสามใบ และในป่าใช้สอยคือ ก่อหมาก ปริมาณมวลชีวภาพในป่าอนุรักษ์มีค่า 252.36 Mg ha^{-1} ซึ่งมากกว่าป่าใช้สอย (139.74 Mg ha^{-1}) ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในมวลชีวภาพของป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอยมีค่า 134.89 และ 74.03 kg ha^{-1} ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมในดินลึกสองเมตรของป่าทั้งสองมีค่า 73.44±19.71 และ 23.02±4.09 kg ha^{-1} ตามลำดับ ทำให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศในป่าทั้งสองเท่ากับ 208.33 และ 97.05 kg ha^{-1} ตามลำดับ สภาพป่าดั้งเดิมที่แตกต่างกันและการใช้ประโยชน์จากป่า จากการตัดฟันไม้ในป่าใช้สอยทำให้ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ มวลชีวภาพและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สะสมในระบบนิเวศน้อยกว่าป่าอนุรักษ์

คำสำคัญ : บ้านหนองเต่า / ป่าชุมชน / ความหลากชนิดพันธุ์ไม้ / มวลชีวภาพ / ฟอสฟอรัส

* *Corresponding author : E-mail : Tprsee@hotmail.com*

1 *นักศึกษาปริญญาเอก ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์*

2 *รองศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์*

3 *อาจารย์ ดร. บัณฑิตวิทยาลัย*

4 *รองศาสตราจารย์ ดร. คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม*

Potential of Ecosystem Phosphorus Storage in Ban Nong Tao Community Forests, Mae Wang District, Chiang Mai Province

Taparat Seeloy-ounkeaw[1*], Soontorn Khamyong[2] Niwat Anongrak[3]

Chiang Mai University, 239 Huay Kaew Road, Suthep, Mueang, Chiang Mai 50200 THAILAND

and Kriangsak Sri-ngernyuang[4]

Maejo University, Nong Han, San Sai, Chiang Mai 50290 THAILAND

Abstract

The potential of forest ecosystems on phosphorus storage was studied in Ban Nong Tao community forest, Mae Wang district, Chiang Mai province. The forests were divided into conservation (CF) and utilization (UF) forests. By using a method of plant community analysis, fifty sampling plots of 40 x 40 m were set up in each site, totally 100 plots, by a stratified random technique. Stem girth at 1.3 m above ground and height of all tree species with ≥1.5 m height were measured. Plant species diversity, biomass and ecosystem phosphorus storages were investigated. Totally 244 tree species (166 genus, 73 families) existed in CF. The family of Fagaceae had the highest species richness, whereas UF consisted of the lower number (132 species in 93 genus, 53 families). *Pinus kesiya* was the most dominated species in both forests. Species diversity index by Shannon-Wiener equation in CF and UF were 6.19 and 4.16, respectively. In CF, the most important species was *P. kesiya* while that in UF was *Quercus brandisiana*. Forest biomass was higher in CF (252.36 Mg ha^{-1}) than in UF (139.74 Mg ha^{-1}), and stored phosphorus amounts were 134.89 and 74.03 kg ha^{-1}, respectively. Average available phosphorus amounts in soils within 2 m depths in CF and UF were 73.44±19.71 and 23.02±4.09 kg ha^{-1}, respectively. The total ecosystem phosphorus storages in CF and UF were in the order of 208.33 and 97.05 kg ha^{-1}. Differences in original plant communities and utilization by selective tree cutting resulted in lower plant species diversity, biomass and phosphorus storage in UF as compared to CF.

Keywords : Ban Nong Tao / Biomas / Community Forest / Phosphorus / Plant Species Diversity

* *Corresponding author : E-mail : Tprsee@hotmail.com*

1 *Doctoral Candidate, Department of Plant Science and Natural resource, Faculty of Agriculture.*

2 *Associate professor Dr. Department of Plant Science and Natural resource, Faculty of Agriculture.*

3 *Lecturer Dr., Graduate School.*

4 *Associate professor Dr. Faculty of Architecture and Environmental Design.*

1. บทนำ

ธาตุฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่จำเป็นต่อพืช (Essential element) ที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มธาตุอาหารหลัก (Primary elements) เพราะพืชต้องการในปริมาณค่อนข้างสูง แหล่งเริ่มต้นของฟอสฟอรัสนั้นได้มาจากหินแร่ธรรมชาติซึ่งเป็นทรัพยากรที่ใช้หมดได้และไม่หมุนเวียนในช่วงระยะเวลาสั้น ฟอสฟอรัสแตกต่างจากไนโตรเจนเพราะแหล่งกักเก็บสะสมฟอสฟอรัสไม่มีในบรรยากาศ แหล่งของฟอสฟอรัสจะมีอยู่ในแหล่งน้ำ (hydrosphere) ซึ่งจะละลายในรูปของ PO_4^{-3} เป็นส่วนใหญ่และส่วนน้อยในรูป HPO_4^{-2} อีกแหล่งหนึ่งของฟอสฟอรัสคือในสิ่งมีชีวิต (biosphere) ซึ่งฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปเซลล์ของพืชและสัตว์ในรูปของ Deoxyribonucleic acid (DNA); Ribonucleic acid (RNA); Adenosine Triphosphate (ATP) และในรูปของ $Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$ และพบในเนื้อเยื่อของใบประมาณ 0.2-0.4% ของมวลแห้ง นอกจากนี้ในกระบวนการเพื่อการดำรงชีพและการเจริญเติบโตของพืชต่างๆ เช่น การดูดกินน้ำและธาตุอาหารพืช การสร้างสาร การขนย้ายสาร ฯลฯ ล้วนต้องใช้พลังงานทั้งสิ้น เพราะฟอสฟอรัสเกี่ยวกับการสร้างเสริมการเติบโต ความแข็งแรงของพืช ทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและรากตลอดจนการออกดอกออกผล [2, 8, 12]

ป่าชุมชน (Community forest) เป็นป่าธรรมชาติหรือป่าปลูกที่มีการจัดการโดยชุมชน มีการตั้งกฎระเบียบควบคุม ป้องกันดูแลและแบ่งสรรผลประโยชน์จากป่าร่วมกัน เพื่อให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติและความผาสุกของคนในชุมชน สำหรับป่าธรรมชาติที่เป็นป่าชุมชนนั้นจะมีความหลากหลายและผันแปรไปตามพื้นที่ต่างๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัจจัยที่นำมาใช้ในการพิจารณา ได้แก่ ชนิดป่า ชนเผ่า ลักษณะการใช้ประโยชน์ เป็นต้น ป่าชุมชนบางแห่งเป็นป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณ บริเวณอื่นๆ เป็นป่าดิบเขา ป่าสน ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าชายเลน ป่าชายหาดและป่าพรุ ผลผลิตจากป่าที่ชุมชนได้รับจึงแตกต่างกันไปตามชนิดของป่าไม้

สำหรับป่าชุมชนบ้านหนองเต่าตั้งอยู่บนเทือกเขาสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000-1,800 เมตร ชาวบ้านดูแลรักษาและใช้ประโยชน์จากป่าในพื้นที่ประมาณ 5,500 ไร่ โดยแบ่งออกเป็นป่าอนุรักษ์ 4,000 ไร่ และป่าใช้สอย 1,500 ไร่ [10] ซึ่งเป็นป่าดิบเขาและป่าสนผสมป่าดิบเขา เมื่อระยะเวลาผ่านไปหลายปีชุมชนได้มีการปรับปรุงวิธีการจัดการให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาศักยภาพการสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศป่าชุมชนที่มีการจัดการแตกต่างกัน 2 แบบ คือ ป่าชุมชนอนุรักษ์และใช้สอย ได้แก่ การสะสมในมวลชีวภาพและในดิน เพื่อเป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการป่าชุมชนและใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบป่าชุมชนบริเวณอื่นๆ ต่อไป

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การสำรวจความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในป่า

ศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ในป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอยโดยวิธีการวิเคราะห์สังคมพืช (Plant community analysis) เพื่อให้ได้ข้อมูลพันธุ์ไม้เชิงปริมาณและคุณภาพ

2.1.1 การวางแปลงสุ่มตัวอย่าง

ใช้แปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40x40 ม.^{2} แบบ Quadrat method ในป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอย อย่างละ 50 แปลง ให้กระจายทั่วป่า ในแปลงสุ่มตัวอย่างแต่ละแปลงนั้นวัดขนาดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับ 1.30 เมตรจากพื้นดินของพันธุ์ไม้ยืนต้นทุกชนิดที่มีความสูง $\geq$1.50 เมตร รวมทั้งวัดความสูงของต้นไม้อีกด้วย

2.1.2 การคำนวณข้อมูลเชิงปริมาณของพันธุ์พืช

การคำนวณข้อมูลเชิงปริมาณใช้สมการของ Krebs [4]

(1) ความถี่ของพืช (Frequency)

เป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงการกระจายตามพื้นที่ของพืชชนิดใดใดในสังคมพืชป่าไม้ที่ทำการศึกษา

$$\text{ความถี่ของพืชชนิด ก.} = \frac{\text{จำนวนแปลงสุ่มตัวอย่างที่พบพืช ก.}}{\text{จำนวนแปลงสุ่มตัวอย่างทั้งหมด}} \times 100$$

$$\text{ความถี่สัมพัทธ์ของพืชชนิด ก.} = \frac{\text{ความถี่ของพันธุ์ไม้ชนิด ก.}}{\text{ผลรวมค่าความถี่ของพันธุ์ไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

(2) ความหนาแน่นสัมบูรณ์ (Abundance) ประชากรพืชชนิดใดใดตามพื้นที่ในป่า แสดงค่าเป็นจำนวนเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงลักษณะการกระจายของ ต้นต่อแปลงสุ่มตัวอย่างที่พบพันธุ์ไม้ชนิดนั้น

$$\text{ความหนาแน่นสัมบูรณ์ของพืช ก.} = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดของพืช ก.}}{\text{จำนวนแปลงสุ่มตัวอย่างที่พบพืช ก.}} \text{ (ต้น/แปลง)}$$

(3) ความหนาแน่นของพืช (Density) พันธุ์ไม้ชนิดใดใดในสังคมพืชป่าไม้ แสดงเป็นจำนวนต้นต่อเป็นค่าที่แสดงให้เห็นถึงจำนวนประชากรของ แปลงสุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทั้งหมด

$$\text{ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ชนิด ก.} = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดของพันธุ์ไม้ชนิด ก.}}{\text{จำนวนแปลงสุ่มตัวอย่างที่ใช้ศึกษาทั้งหมด}}$$

$$\text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์ของพันธุ์ไม้ชนิด ก.} = \frac{\text{ความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ชนิด ก.}}{\text{ผลรวมของความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

(4) ความเด่นของพืช (Dominance) เป็นหลัก ซึ่งได้จากการวัดขนาดของลำต้นที่ระดับอก (1.30 ม.จากพื้นดิน)

ค่าความเด่นเกี่ยวข้องกับมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ชนิดใดใดในป่า คำนวณจากพื้นที่หน้าตัดรวมของลำต้น

$$\text{ความเด่นสัมพัทธ์ของพืชชนิด ก.} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของพันธุ์ไม้ชนิด ก.}}{\text{พื้นที่หน้าตัดลำต้นรวมของพันธุ์ไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

(5) ดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา และความเด่นสัมพัทธ์ ซึ่งมีค่าผันแปรอยู่ในช่วง 0-300

ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดในป่า ค่าดัชนีความสำคัญบ่งบอกเกี่ยวกับอิทธิพลทางนิเวศวิทยา
คือ ผลรวมของค่าความถี่สัมพัทธ์ ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิดในสังคมพืชป่า

$$\text{ดัชนีความสำคัญพันธุ์ไม้ ก.} = \text{ความถี่สัมพัทธ์} + \text{ความหนาแน่นสัมพัทธ์} + \text{ความเด่นสัมพัทธ์}$$

$$\text{ดัชนีความสำคัญสัมพัทธ์ของพืช ก.} = \frac{\text{ดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ชนิด ก.}}{\text{ผลรวมของดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ทุกชนิด}} \times 100$$

(6) ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ (Species Diversity Index)

การวิจัยนี้ใช้สมการ Shannon – Wiener Index (SWI)

$$H = -\sum_{i=1}^{S} (p_i)(\log_2 p_i)$$

เมื่อ H = ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้
S = จำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด
p_i = สัดส่วนจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ชนิด i ต่อจำนวนต้นของพันธุ์ไม้ทุกชนิด

2.2 การศึกษาผลผลิตทางชีวภาพป่าไม้และการสะสมฟอสฟอรัส

2.2.1 มวลชีวภาพป่าไม้

ทำการวางแปลงสุ่มตัวอย่างและเก็บข้อมูล วัดเส้นรอบวงลำต้นและความสูงของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหามวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก ตามสมการ allometry ที่ได้ศึกษากับป่าไม้ที่จังหวัดชัยภูมิ [13] ดังนี้

$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$ ($r^2 = 0.978$)

$W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$ ($r^2 = 0.890$)

$W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$ ($r^2 = 0.714$)

$W_R = 0.0313 (D^2H)^{0.805}$ ($r^2 = 0.981$)

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพของลำต้น มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกแตร์

W_B คือ มวลชีวภาพของกิ่ง มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกแตร์

W_L คือ มวลชีวภาพของใบ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกแตร์

W_R คือ มวลชีวภาพของราก มีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อเฮกแตร์

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นไม้ที่ความสูงระดับอก (1.30 เมตร จากพื้นดิน) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร

H คือ ความสูงของต้นไม้มีหน่วยเป็นเมตร

2.2.2 การสะสมฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพป่าไม้

ทำการหามวลชีวภาพของป่า และทำการวิเคราะห์ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.08, 0.13 และ 0.02% ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการศึกษาของ Tsutsumi [13]

2.3 การสะสมฟอสฟอรัสในดิน

วิเคราะห์ปริมาณมวลดิน โดยวิธี Core method [3] และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในป่าชุมชนอนุรักษ์และป่าใช้สอย วิเคราะห์ความเข้มข้นโดยวิธี Bray II [1] แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer ในห้องปฏิบัติการ คำนวณปริมาณฟอสฟอรัสในดินต่อพื้นที่โดยการคูณกับปริมาณมวลดิน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

3.1 ลักษณะของสังคมพืชในป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอย

3.1.1 ความหลากหลายของชนิดพันธุ์

จากการวางแปลงสุ่มตัวอย่างในป่าชุมชนอนุรักษ์และใช้สอยชนิดป่าละ 50 แปลง พบพันธุ์ไม้ในป่าอนุรักษ์ทั้งหมด 15,686 ต้น จำนวน 244 ชนิด ใน 166 สกุล และ 73 วงศ์ พันธุ์ไม้เรือนยอดเด่นที่พบมากที่สุด คือ สนสามใบ (*Pinus kesiya*) และทะโล้ (*Schima wallichii*) พันธุ์ไม้ที่มีจำนวนต้นมากที่สุดคือ แข้งกวาง (Wendlandia tinctoria) (941 ต้น) ขณะที่ป่าใช้สอยมีจำนวนต้นมากถึง 19,399 ต้น จำนวน 132 ชนิด ใน 93 สกุล 53 วงศ์ พันธุ์ไม้เรือนยอดเด่นที่พบมากที่สุด คือ สนสามใบและก่อหมาก (*Quercus brandisiana*) พันธุ์ไม้ที่มีจำนวนต้นมากที่สุดคือ เคาะ (*Tristaniopsis burmanica*) (3,697 ต้น) การตัดฟันไม้ขนาดใหญ่ไปใช้ประโยชน์ในป่าใช้สอยทำให้เหลือแต่ต้นไม้ขนาดเล็กและมีจำนวนประชากรมาก

ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ตามสมการ Shanon-Wiener index (SWI) พบว่าป่าอนุรักษ์มีค่า เท่ากับ 6.19 ซึ่งเป็นค่าที่สูง ขณะที่ป่าใช้สอยมีค่าน้อยกว่า คือ 4.16 แสดงว่าเป็นป่าที่มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์น้อยกว่า ในป่าอนุรักษ์มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้สูงเนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีสภาพสิ่งแวดล้อมเหมาะสมต่อการขึ้นอยู่ของพืช กล่าวคือ มีความชุ่มชื้นตลอดปี ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงและไม่เกิดไฟป่า ขณะที่ป่าใช้สอยมีสภาพพื้นที่ที่แห้งกว่า ดินตื้นและบางปีมีไฟป่า การตัดต้นไม้ไปใช้ประโยชน์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ลดลง รายละเอียดเกี่ยวกับความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ได้นำเสนอไปแล้ว [11]

3.1.2 ลักษณะเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้

1) ความถี่ของการพบและความหนาแน่นเฉลี่ยของพันธุ์ไม้

พันธุ์ไม้ที่มีค่าความถี่สูง (96%) ในป่าอนุรักษ์มีเพียงชนิดเดียว คือ ทะโล้ พบพันธุ์ไม้ 5 ชนิดที่มีค่าความถี่ 82-88% คือ กำยาน แข้งกวาง เหมือดหลวง เหมือดคนตัวเมียและมันปลา สำหรับป่าใช้สอยนั้น พันธุ์ไม้ที่มีค่าความถี่สูง (98-100%) มี 6 ชนิด คือ สนสามใบ ก่อหมาก เคาะ แข้งกวาง สารภีป่าและรักใหญ่ พันธุ์ไม้เหล่านี้เป็นพันธุ์ไม้ที่พบได้ทั่วไป

พันธุ์ไม้ในป่าอนุรักษ์มีความหนาแน่นเฉลี่ย 314±2.78 ต้น/ไร่ พันธุ์ไม้ที่มีค่าความหนาแน่นสูง (18.24-18.82 ต้น/ไร่) คือ แข้งกวาง ก่อขาวและกำยาน รองลงมาคือ ทะโล้ (14.56 ต้น/ไร่) ส่วนพันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่า 10 ต้น/ไร่ ขณะที่ป่าใช้สอยมีความหนา

แน่นเฉลี่ยมากกว่าป่าอนุรักษ์ (388±9.82 ต้น/ไร่) โดยที่ไม้เคาะมีความหนาแน่นมากที่สุด (73.94 ต้น/ไร่) ป่าทั้งสองชนิดนี้มีความหนาแน่นของประชากรพันธุ์ไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวงลำต้นน้อยกว่า 200 ซม. ใกล้เคียงกัน แต่พบต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ในป่าอนุรักษ์มากกว่าป่าใช้สอย

2) ความเด่นของพันธุ์ไม้

สนสามใบเป็นพันธุ์ไม้ที่มีค่าความเด่นมากที่สุดในป่าอนุรักษ์ (15.77% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด) รองลงมาคือ ทะโล้ (10.95%) ก่อแป้น (8.24%) เป็นต้น ขณะที่ป่าใช้สอยมีสนสามใบเป็นพันธุ์ไม้ที่มีค่าความเด่นมากที่สุดเช่นเดียวกัน (25.82%) รองลงมาคือ ก่อหมาก (24.81%) ก่อเดือย (15.39%) เป็นต้น พันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าความเด่นลดลง

3) ดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยาของพันธุ์ไม้

ในป่าอนุรักษ์สนสามใบมีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด (6.51% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด) รองลงมาคือ ทะโล้ ก่อแป้น ก่อขาว ตามลำดับ สำหรับป่าใช้สอยนั้นก่อหมากมีค่าดัชนีความสำคัญมากกว่าพันธุ์ไม้ชนิดอื่น (13.64%) รองลงมาคือ สนสามใบ เคาะ ก่อเดือย ตามลำดับ พันธุ์ไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากในป่าทั้งสองชนิดคือ สนสามใบ

3.1.3 ปริมาณมวลชีวภาพ

ในป่าอนุรักษ์มีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 244 ชนิด คิดเป็นปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 252.36 Mg ha^{-1} โดยแยกเป็นมวลชีวภาพในลำต้น กิ่ง ใบและราก จำนวน 163.35; 51.82; 3.93 และ 33.24 Mg ha^{-1} ตามลำดับ พันธุ์ไม้ที่มีมวลชีวภาพมากที่สุด คือ สนสามใบ (48.20 Mg ha^{-1} หรือ 19.10% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด) รองลงมาได้แก่ ทะโล้ (29.12 Mg ha^{-1}) ก่อแป้น (21.98 Mg ha^{-1}) ก่อเดือย (13.07 Mg ha^{-1}) ก่อขาว (10.90 Mg ha^{-1}) ก่อข้าว (6.71 Mg ha^{-1}) ก่อหม่น (6.56 Mg ha^{-1}) ก่อก้างด้าง (6.42 Mg ha^{-1}) เป็นต้น ตามลำดับ

ป่าใช้สอยมีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 132 ชนิด และมีมวลชีวภาพ 139.74 Mg ha^{-1} ซึ่งน้อยกว่าป่าอนุรักษ์ โดยแยกเป็นมวลชีวภาพในลำต้น กิ่ง ใบและราก (89.61; 26.87; 2.79 และ 20.46 Mg ha^{-1} ตามลำดับ) พันธุ์ไม้ที่สะสมมวลชีวภาพมากที่สุด คือ สนสามใบ (50.99 Mg ha^{-1} หรือ 36.45% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด) รองลงมา ได้แก่ ก่อหมาก (31.13 Mg ha^{-1}) ก่อเดือย (20.43 Mg ha^{-1}) เคาะ (5.20 Mg ha^{-1}) รักใหญ่ (5.15 Mg ha^{-1}) สารภีป่า (4.30 Mg ha^{-1}) เหมือดหลวง (3.01 Mg ha^{-1}) ก่อแอบ (2.54 Mg ha^{-1}) แข้งกวาง (2.23 Mg ha^{-1}) เป็นต้น

3.2 การสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศป่าชุมชน

3.2.1 ปริมาณฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพ

(ตารางที่ 1) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ในป่าอนุรักษ์มีค่าเท่ากับ 134.89 kg ha^{-1} โดยแยกเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง ใบและราก จำนวน 81.68; 41.46; 5.11 และ 6.65 kg ha^{-1} ตามลำดับ ชนิดพันธุ์ไม้ที่มีการสะสมมากที่สุดคือ สนสามใบ (25.97 kg ha^{-1}) รองลงมาคือ ทะโล้ ก่อแป้น ก่อเดือย ก่อขาว ก่อข้าว ก่อหม่น ก่อก้างด้างและมะห้า เท่ากับ 15.63, 11.74, 6.98, 5.82, 3.59, 3.50, 3.46 และ 2.67 kg ha^{-1} ตามลำดับ พันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าน้อยลงไป ขณะที่ป่าใช้สอยมีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่าป่าอนุรักษ์ คือ 74.03 kg ha^{-1} แยกเป็นสะสมในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบและราก จำนวน 44.81; 21.50; 3.63 และ 4.09 kg ha^{-1} ตามลำดับ ชนิดพันธุ์ไม้ที่มีการสะสมมากที่สุดคือ สนสามใบ (27.26 kg ha^{-1}) รองลงมาคือ ก่อหมาก ก่อเดือย เคาะ รักใหญ่และสารภีป่า เท่ากับ 16.42, 10.83, 2.72, 2.72 และ 2.25 kg ha^{-1} ตามลำดับ พันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าน้อยลงไป

การกระจายของปริมาณฟอสฟอรัสในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบและรากในป่าอนุรักษ์มีค่าเท่ากับ 60.55, 30.74, 3.79 และ 4.93% ตามลำดับ ขณะที่ป่าใช้สอยมีค่าเท่ากับ 60.53, 29.04, 4.90 และ 5.52% ตามลำดับ ส่วนใหญ่สะสมในลำต้น รองลงมาคือ กิ่งและราก สำหรับใบไม้พบว่าในป่าอนุรักษ์มีปริมาณฟอสฟอรัส 5.11 kg ha^{-1} ขณะที่ป่าใช้สอยมีประมาณ 3.63 kg ha^{-1} แม้ว่าป่าสองชนิดนี้จะเป็นป่าไม่ผลัดใบแต่ใบไม้ทั้งหมดก็จะร่วงหล่นลงสู่ดินในที่สุด แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่หมุนเวียนลงสู่ดินในป่าอนุรักษ์มีมากกว่าป่าใช้สอยประมาณสองเท่า ซึ่งจะส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน [5]

ตารางที่ 1 ปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้ในป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอย

ชนิดป่า	มวลชีวภาพ (Mg ha^{-1})	ปริมาณฟอสฟอรัส (kg ha^{-1})				
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ราก	รวม
ป่าอนุรักษ์ (kg ha^{-1})	252.36	81.68	41.46	5.11	6.65	134.89
(%)		60.55	30.74	3.79	4.93	100
ป่าใช้สอย (kg ha^{-1})	139.74	44.81	21.50	3.63	4.09	74.03
(%)		60.53	29.04	4.90	5.52	100

3.2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

ดินในป่าอนุรักษ์มีปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินลึก 200 ซม. ผันแปรระหว่างหลุมดินสามหลุม เท่ากับ 43.29, 80.37 และ 73.44 kg ha^{-1} (เฉลี่ย 65.70±19.71 kg ha^{-1}) ซึ่งป่าอนุรักษ์มีพื้นที่ทั้งหมด 640 ha (4,000 ไร่) คิดเป็นปริมาณการสะสมทั้งหมด 42,048.00 Mg ป่าใช้สอยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผันแปรระหว่างดินสามหลุม เท่ากับ 22.54, 27.33 และ 19.20 kg ha^{-1} ตามลำดับ (เฉลี่ย 23.02±4.09 kg ha^{-1}) ป่าใช้สอยมีพื้นที่ 240 ha (1,500 ไร่) คิดเป็นต่อพื้นที่ 5,524.80 Mg (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณมวลดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สะสมในดินป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอยลึก 2 เมตร

ชนิดป่า	ปริมาณมวลดิน (Mg m^{-3})			ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (kg ha^{-1})			
	หลุมที่ 1	หลุมที่ 2	หลุมที่ 3	หลุมที่ 1	หลุมที่ 2	หลุมที่ 3	เฉลี่ย
ป่าอนุรักษ์	1.01±0.35	0.95±0.23	1.12±0.17	43.29	80.37	73.44	65.70±19.71
ป่าใช้สอย	1.38±0.11	1.33±0.24	1.31±0.08	22.54	27.33	19.20	23.02±4.09

3.2.3 ปริมาณฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ

ป่าอนุรักษ์มีปริมาณฟอสฟอรัสสะสมในระบบนิเวศทั้งหมด 200.59 kg ha^{-1} แยกเป็นการสะสมในมวลชีวภาพ 134.89 Mg ha^{-1} (67.25% ของทั้งหมด) และในดิน 65.70 kg ha^{-1} (32.75%) ป่าอนุรักษ์มีพื้นที่ทั้งหมด 640 ha คิดเป็นปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส เท่ากับ 128,377.60 kg

ขณะที่ระบบนิเวศป่าใช้สอยมีการสะสมทั้งหมด 97.05 kg ha^{-1} แยกเป็นการสะสมในมวลชีวภาพป่าไม้ 74.03 kg ha^{-1} (76.28% ของทั้งหมด) และในดินจำนวน 23.02 kg ha^{-1} (23.72%) ป่าใช้สอยมีพื้นที่ทั้งหมด 240 ha คิดเป็นประมาณการสะสมฟอสฟอรัสเท่ากับ 23,292.00 kg แสดงให้เห็นว่าปริมาณฟอสฟอรัสมีการสะสมในระบบนิเวศในป่าอนุรักษ์มากกว่าป่าใช้สอยประมาณสองเท่า (ตารางที่ 3 และ รูปที่ 1)

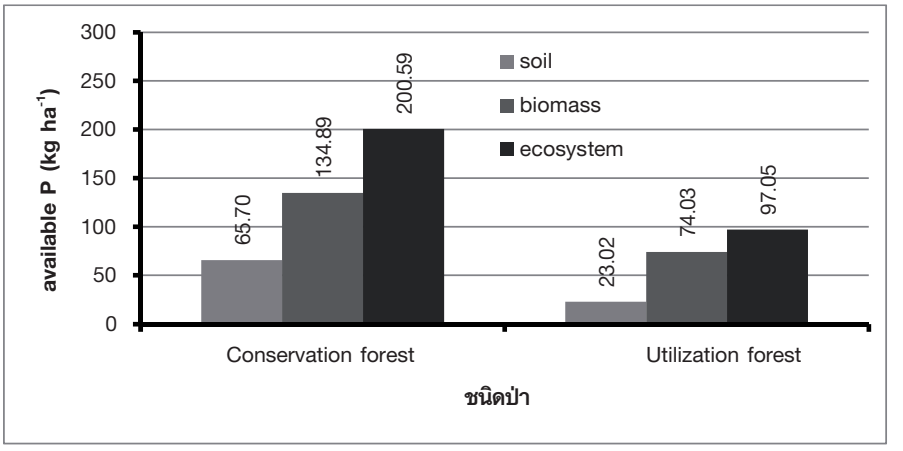
ตารางที่ 3 ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในระบบนิเวศ

ชนิดป่า	ปริมาณฟอสฟอรัส (kg ha^{-1})		
	ในดิน	ในมวลชีวภาพ	ในระบบนิเวศ
ป่าอนุรักษ์ (kg ha^{-1})	65.70	134.89	200.59
(%)	32.75	67.25	100
ป่าใช้สอย (kg ha^{-1})	23.02	74.03	97.05
(%)	23.72	76.28	100

สำหรับการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในป่าสนผสมป่าดิบเขา Nongnuang [6] รายงานว่า ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศของป่าไม้ในลุ่มน้ำที่สูงบ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 5 หย่อมป่า มีค่าผันแปรระหว่าง 197-237 kg ha^{-1} โดยแยกเป็นการสะสมในมวลชีวภาพ เท่ากับ 151-182 kg ha^{-1} ในชั้นอินทรียวัตถุบนพื้นป่า (organic layers) เท่ากับ 0.30-0.41 kg ha^{-1} และในดิน เท่ากับ 40.62 kg ha^{-1} Seramethakun et al. [9] ศึกษาการสะสมฟอสฟอรัสในป่าสนผสมดิบเขา ซึ่งเป็นป่ารุ่นสอง บริเวณบ้านวัดจันทร์ อำเภอกัลยานิวัฒนา จังหวัดเชียงใหม่ พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสในชั้นดินลึก 100 ซม. ผันแปรในช่วง 4.9-29.1 kg ha^{-1}

Wattanasuksakul [14] ศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีไฟป่าและไม่มีไฟป่า พบว่าพื้นที่ที่มีไฟป่ามีค่า 132 kg ha^{-1} แยกสะสมในมวลชีวภาพและในดินเท่ากับ 82.9 และ 50.0 kg ha^{-1} พื้นที่ที่ไม่มีไฟป่ามีค่า 279.5 kg ha^{-1} แยกสะสมในมวลชีวภาพและในดินเท่ากับ 123.5 และ 156.0 kg ha^{-1} ตามลำดับ

ดังนั้น การตัดฟันไม้ในป่าใช้สอยทำให้ความหลากชนิดพันธุ์ไม้ มวลชีวภาพและปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศลดลง การจัดการในป่าใช้สอยโดยให้ชุมชนที่มีพื้นที่ใกล้เคียงปลูกต้นไม้เสริมป่า เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มปริมาณมวลชีวภาพและฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ นอกจากนี้การปลูกจิตสำนึกให้คนรุ่นหลังปกป้องและรักษาป่าและการใช้แบบอย่างของชุมชนอื่นๆ ที่ประสบความสำเร็จมาเป็นแนวทางในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอาจเป็นวิธีการให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติในชุมชนต่อไป [7]



รูปที่ 1 ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนต่างๆ ของระบบนิเวศป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอย

4. สรุปและข้อเสนอแนะ

ป่าชุมชนบ้านหนองเต่าเป็นป่าดิบเขาและป่าดิบเขาผสมสน แบ่งออกเป็นป่าอนุรักษ์และป่าใช้สอย ป่าอนุรักษ์มีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ ปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสมากกว่าป่าใช้สอย ปริมาณฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพของพันธุ์ไม้และในดิน (ระบบนิเวศ) ในป่าอนุรักษ์มีค่ามากกว่าป่าใช้สอยประมาณสองเท่า ซึ่งจะมีผลต่อการเติบโตของพืชที่แตกต่างกันในป่าชุมชนทั้งสอง ปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นที่เป็นไปในป่าทั้งสองก็เป็นปัจจัยหนึ่งในการรักษาสมดุลของฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ ดังนั้นการจัดการป่าชุมชนที่แตกต่างกันจึงส่งผลต่อสมดุลและปริมาณการสะสมของธาตุฟอสฟอรัสในระบบนิเวศ

5. กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาต่อยอดจากโครงการวิจัย ที่ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาองค์ความรู้และศึกษา

นโยบายการจัดการทรัพยากรชีวภาพในประเทศไทย ซึ่งร่วมจัดตั้งโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ รหัสโครงการ BRT T353019

6. เอกสารอ้างอิง

1. Bray, R.A. and Kunzt, L.T.. 1945. "Determination of Total Organic and Available form of Phosphorus in Soil". *Journal of Soil Science*, Vol. 59, pp. 39-45.

2. Brady, N.C. and Weil, R.R. 2010. *Elements of the Nature and Properties of Soils*. 3th edition, Pearson Education, Inc., Publishing as Prentice Hall, New Jersey, USA, 614p.

3. Blake, G.R. and Hartge, K.H. 1986. Bulk Density, In: A. Klute (ed), Methods of Soil Analysis Part I (Physical and Mineralogical Methods). 2th ed. American Society of Agronomy, Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.

4. Krebs, C.J. 2008. *The Ecological World View*, CSIRO Publishing, Australia, 577p.

5. Kimmins, J. P. 2004. *Forest Ecology*. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 611p.

6. Nongnuang, S. 2012. Carbon Sinks and Nutrient Accumulation in Ecosystems of Series of *Pinus kesiya* Plantation and Fragmented Forests in Boakaew Highland Watershed, Chiang Mai province. Ph.D. Thesis, Chiang Mai University. 267p.

7. Puang-Ngamchuen, J., 2009, "Community Forest Management: A Case Study of Baan Pasak Ngam, Luang Nuae Sub-district, Doi Saket District, Chiangmai Province," *KMUTT Research and Development Journal*, Vol. 32 No. 4 pp.407-422. (In Thai)

8. Shutsrirung, A. 2008. *Soil Fertility*. Faculty of Agriculture Chiang Mai University, Chiang Mai University press, Chiang Mai. 253 p (In Thai)

9. Seramethakun, T., Khamyong, S., Anongrak, N. and Kongkaew, T. 2012. "Soil Properties and Carbon-Nutrient Storages in Natural Pine Forest, Kunlayaniwattana District, Chiang Mai Province". *Journal of Agriculture*, Vol. 28 No.3 pp. 217-228. (In Thai)

10. Seeloy-ounkeaw, T. Khamyong, S. and Anongrak, N. 2012. "Differences in Plant Diversity, Forest Conditions and Carbon Stocks in Highland Community Forests of Karen Tribe, Northern Thailand". *The proceeding of The 1st ASEAN plus three graduate research congress (AGRC 2012)*. Vol. 1. pp. 1-7.

11. Seeloy-ounkeaw, T. Khamyong, S. and Anongrak, N. 2010. "Plant Species Diversity and Distribution Along Altitude Gradient of Tree Species at Nong Tao Community Forest, Mae Wang District, Chiang Mai Province". *The Proceeding of The 2nd CMU Graduate Research Conference*. Vol. 1. pp. 133-143 (In Thai)

12. Staff in Department of Soil Science. 2007. *Introduction of Soil Science*. Kasetsart University Press, Bangkok. pp. 294-306 (In Thai).

13. Tsutsumi, T., Yoda, K., Dhanmanonda, P. and Prachaiyo, B. 1983. Forest: Burning and Regeneration. In Kuma, K. and Pairntra, C. eds. Shifting Cultivation: An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics. A report of a cooperative research between Thai-Japanese university, pp. 13-62.

14. Wattanasuksakul, S. 2012. Plant diversity, Carbon Sinks and Nutrient Accumulation in Ecosystems of Dry Dipterocarp Forest With and Without Fire at Intakin Silvicultural Research Station, Chiang Mai Province. Ph.D. Thesis, Chiang Mai University. 174p.