บทความวิจัยสหกิจศึกษา

โครงสร้างสังคมพืช การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น และรูปทรงของไม้ยางเหียงในป่าเต็งรัง บริเวณโครงการพัฒนาบ้านโป่งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่

Plant community structure, carbon sequestration in tree biomass, and the stem form of *Dipterocarpus alatus* trees in the deciduous dipterocarp forest area of the Ban Pong Royal Development Project, Chiang Mai Province

รัตติกาล เหลืองเอี่ยม[1] วิชญ์ภาส สังพาลี[1]* สุธีระ เหิมฮึก[1] ธีรานนท์ ปาสุธรรม[1] และจุฑามาศ อาจนาเสียว[1]

Rattikan Lueng-iam[1] Witchaphart Sungpalee[1]* Sutheera Hermhuk[1] Theeranon Pasutham[1] and Chuthamat Atnaseo[1]

[1] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

[1] Program in Agricultural, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: sci.ocu@gmail.com

Abstract

This study was conducted in a dry dipterocarp forest area to investigate plant community structure, assess biomass and carbon sequestration potential, and form factor of *Dipterocarpus obtusifolius* trees. The results showed that plot C had the highest tree density at 3,040 trees per hectare and a dominant number of small trees, reflecting a high level of plant regeneration. Plots A and D exhibited relatively balanced tree structure and high total cross-sectional area, with plot D having the highest value at 24.23 square meters per hectare. In terms of biodiversity, plots A and D had higher Shannon-Wiener and Evenness indices than other plots, while plot B had the lowest diversity. Plot A had the highest Fisher's index (α), indicating a relatively high structural diversity of the plant community. Analysis of the species importance index (IVI) revealed that Dipterocarpus obtusifolius was the dominant species in all sample plots. Regarding biomass and carbon sequestration, the study area had a total biomass of 324,151.27 kilograms per hectare. The dry dipterocarp forest can store 152,351.10 kilograms of carbon per hectare and absorb 558,671.47 kilograms of carbon dioxide per hectare, reflecting its high carbon sequestration potential. The relationship between the variable d^2h and the trunk volume of *Dipterocarpus obtusifolia* was highly positive in all plots, with an R^2 value greater than 0.96. Meanwhile, the relationship between the form factor and d^2h tended to be negative, reflecting that larger trees have more slender trunks. The study results can be used as a database for forest resource management and future carbon sequestration assessment.

Keywords: Deciduous dipterocarp forest , Biomass, form factor

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ป่าเต็งรัง เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืช ประเมินมวลชีวภาพและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน และรูปทรงของไม้ยางเหียง ผลการศึกษาพบว่า แปลง C มีความหนาแน่นของต้นไม้สูงที่สุด เท่ากับ 3,040 ต้นต่อเฮกตาร์ และมีจำนวนต้นไม้ขนาดเล็กสูงเด่น สะท้อนถึงการเกิดทดแทนของพรรณไม้ในระดับสูง ขณะที่แปลง A และ D มีโครงสร้างขนาดต้นค่อนข้างสมดุลและมีพื้นที่หน้าตัดรวมสูง โดยแปลง D มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 24.23 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ด้านความหลากหลายทางชีวภาพพบว่าแปลง A และ D มีค่าดัชนี Shannon-Wiener และ Evenness สูงกว่าแปลงอื่น ขณะที่แปลง B มีค่าความหลากหลายน้อยที่สุด ส่วนค่าดัชนี Fisher's index (α) พบว่าแปลง A มีค่าสูงที่สุด แสดงถึงความหลากหลายเชิงโครงสร้างของสังคมพืชที่ค่อนข้างสูงผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (IVI) พบว่าไม้เหียง (Dipterocarpus obtusifolius) เป็นชนิดไม้เด่นในทุกแปลงตัวอย่าง ด้านมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน พบว่าพื้นที่ศึกษาทั้งหมดมีมวลชีวภาพรวม 324,151.27 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 152,351.10 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ 558,671.47 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สะท้อนถึงศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังในระดับสูง ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร d^2h กับปริมาตรลำต้นของไม้ยางเหียงมีความสัมพันธ์เชิงบวกสูงในทุกแปลง โดยมีค่า R^2 มากกว่า 0.96 ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างค่า form factor กับ d^2h มีแนวโน้มเชิงลบ สะท้อนว่าต้นไม้ขนาดใหญ่มีลักษณะลำต้นสอบเรียวมากขึ้น ผลการศึกษาสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้และการประเมินการกักเก็บคาร์บอนในอนาคตได้

คำสำคัญ: ป่าเต็งรัง, มวลชีวภาพ,รูปทรงลำต้น

คำนำ

ป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest) เป็นป่าผลัดใบเขตร้อนที่พบแพร่หลายในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มักกระจายในพื้นที่เนินเขา สันเขา และพื้นที่ที่มีดินตื้นและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่งผลให้พรรณไม้ต้องเผชิญข้อจำกัดด้านน้ำและธาตุอาหาร ทำให้มีลักษณะการเจริญเติบโตแตกต่างจากป่าประเภทอื่น โดยมักมีลำต้นขนาดเล็กและคดงอ (Kutintara, 1975) พรรณไม้เด่นส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Dipterocarpaceae เช่น เต็ง รัง เหียง และพลวง ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างป่า (Smithinand et al., 1980)ในเชิงนิเวศวิทยา ป่าเต็งรังจัดเป็นสังคมพืชที่มีไฟป่าเป็นปัจจัยกำหนดโครงสร้าง (fire climax community) โดยไฟในระดับที่เหมาะสมช่วยคงอยู่ของชนิดไม้เด่นและกระตุ้นการงอกใหม่ แต่หากเกิดถี่หรือรุนแรงเกินไปจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต คุณภาพเนื้อไม้ และความหลากหลายทางชีวภาพ (Charuphat, 1998; Ketpranit et.al,1991) นอกจากนี้ โครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชยังแปรผันตามปัจจัยพื้นที่ เช่น ความลาดชัน ระดับความสูง ลักษณะดิน และการใช้ประโยชน์ของชุมชน ซึ่งส่งผลต่อความหนาแน่น การกระจายตัวของชนิดพันธุ์ และการเจริญเติบโตของพรรณไม้ (Larpkern et al., 2017; Khammanivong et al., 2023; Jaikham et.al,2022)ความแตกต่างของสภาพแวดล้อมดังกล่าวทำให้พรรณไม้ต้องปรับตัว ส่งผลให้เกิดความแปรผันของรูปทรงลำต้น เช่น การยืดตัวเพื่อแข่งขันแสง หรือการมีลำต้นเตี้ยและคดงอในพื้นที่ทรัพยากรจำกัด (Larson, 1963 and Sterck et al., 2001) ซึ่งรูปทรงลำต้นมีผลโดยตรงต่อปริมาตรไม้ในฐานะตัวกำหนดการสะสมเนื้อไม้ (Husch et al., 2003) โดยรวมแล้ว การเปลี่ยนแปลงของรูปทรงลำต้นมีผลต่อการสะสมมวลชีวภาพของพรรณไม้ ซึ่งขึ้นอยู่ทั้งปริมาตรลำต้นและประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และสะท้อนถึงศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (Brown, 1997; Chave et al., 2014; IPCC, 2006) พื้นที่ศึกษาบ้านโปงและฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าสันทราย เป็นป่าเต็ง

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

รังที่มีสภาพแวดล้อมคล้ายกันแต่แตกต่างด้านความลาดชันและการใช้ประโยชน์ ส่งผลให้โครงสร้างป่าและการเจริญเติบโตของพรรณไม้แตกต่างกัน

ดังนั้น การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสังคมพืช รูปทรงลำต้น จึงมีความสำคัญต่อการทำความเข้าใจกลไกการปรับตัว การสะสมมวลชีวภาพ และศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศป่าเต็งรัง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ทำการวางแปลงศึกษาในเขตพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ เนื้อที่ 3,686 ไร่ จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลง A มีความลาดชันอยู่ที่ 10.76 % ระดับความสูงของพื้นดินเท่ากับ 389.54 เมตร และแปลง B มีความลาดชันอยู่ที่ 17.3 % ระดับความสูงของพื้นดินเท่ากับ 401.15 และพื้นที่ฟาร์มมหาวิทยาลัยแม่โจ้ เนื้อที่ 1,002 ไร่ จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลง C มีความลาดชันอยู่ที่ 13.44 % ระดับความสูงของพื้นดินเท่ากับ 376.95 และ แปลง D มีความลาดชันอยู่ที่ 11.7 % ระดับความสูงของพื้นดินเท่ากับ 388.97

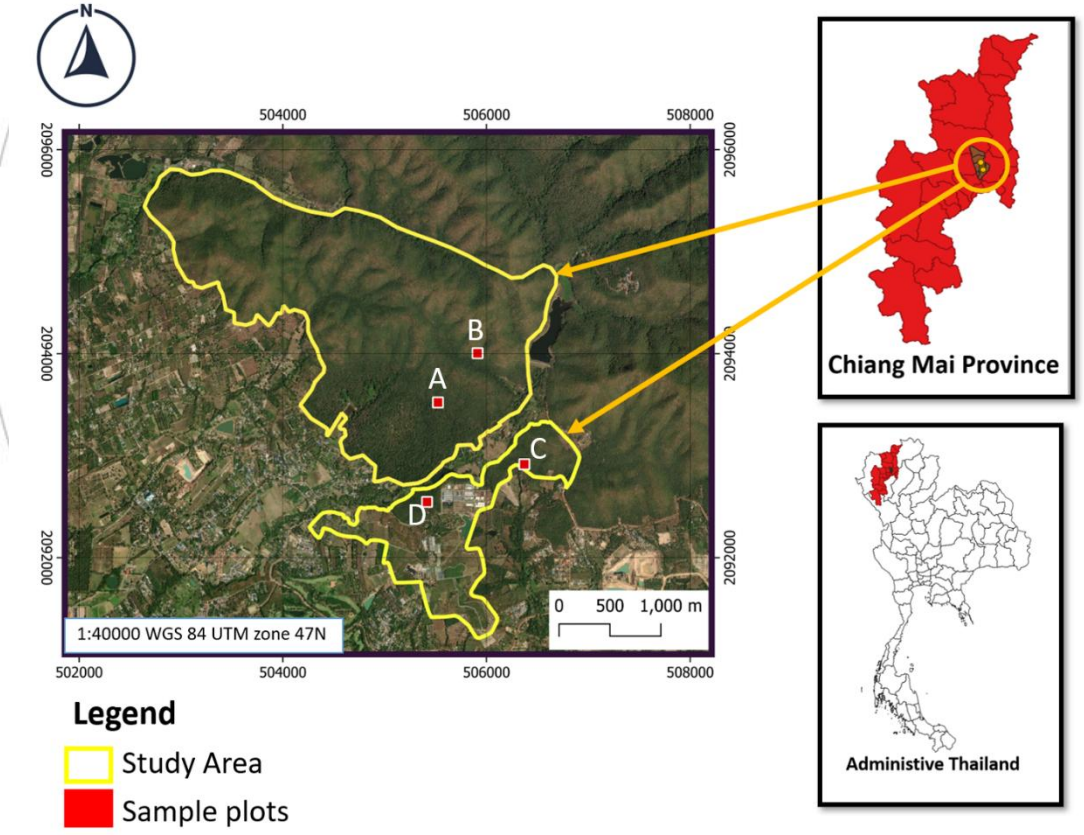

Figure 1 Study area and locations of sample plots in a dry dipterocarp forest at the Ban Pong Royal Project Development Area, San Sai District, Chiang Mai Province

2. การเก็บข้อมูลภาคสนาม

2.1 การศึกษาโครงสร้างป่าและองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้ ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจป่าไม้แบบใช้แปลงสำรวจตัวอย่าง(quadrant method) โดย วิธีการสุ่มพื้นที่แบบเจาะจง และกำหนดขอบเขตแปลง โดยวางแปลงสำรวจตัวอย่างกึ่งถาวรขนาด 50 x 50 เมตร จำนวน 4 ในแต่ละแปลงแบ่งย่อยขนาด 10x10 เมตร จำนวน 25 แปลง และ

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

ทำการเก็บต้นไม้ทุกต้นในแปลงบันทึกชนิดพันธุ์ไม้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter at breast height) หรือ 130 เซนติเมตร ตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไป ติดแผ่นป้ายหมายเลขแท็กประจำต้นไม้ บันทึกข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้ จำนวนพันธุ์ไม้ จำนวนแปลงที่พันธุ์ไม้ปรากฏ

2.2 ศึกษาปริมาตรและรูปทรงของไม้ยางหียง สุ่มต้นยางเหียงแปลงละ 10 ต้น โดยต้นที่ถูกสุ่มต้องมีลักษณะเปลาตรง ยอดไม่หัก ไม่มีง่ามที่แตกออกจากกัน และไม่มีความเสียหายทางลำต้น เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำและเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการคำนวณปริมาตรลำต้น ทำการวัดขนาดเส้นรอบวงของลำต้นเพื่อใช้ใน การคำนวณปริมาตรไม้จะต้องแบ่งลำต้นออกเป็นท่อน (sectional measurement) ท่อนละ 0.50 เมตรตลอดความยาวลำต้นจนถึงปลายยอด ในแต่ละท่อน จะทำการวัดเส้นรอบวงบริเวณโคนท่อนและปลายท่อนในระดับความสูงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณพื้นที่หน้าตัดและปริมาตรของแต่ละท่อนสำหรับท่อนสุดท้ายหรือบริเวณปลายยอดวัดเฉพาะเส้นรอบวงบริเวณโคนของท่อนสุดท้าย (หรือโคนของปลายยอด) และความสูงของส่วนปลายยอดโดยใช้ไม้วัดความสูง

3.การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 วิเคราะห์ดัชนีความสำคัญ (importance value index; IVI) ตามวิธีของ Curtis and McIntosh. (1951) เป็นผลรวมค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$IVI = RD+RF+RDo$$

3.2 วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากหลายของไม้ต้น Shannon-Wiener Index ตามวิธีของ Shannon and Weaver. (1949)

3.3 วิเคราะห์ค่าดัชนีความสม่ำเสมอทางชนิดพันธุ์ตามวิธีของ Pielou. (1966)

3.4 วิเคราะห์ความหลากชนิด (a) Fisher ของ Fisher et al. (1943)

3.5 วิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งหมดในแปลงศึกษาใช้สมการแอลโลเมตริก (Allometric equation) ใช้สมการสำเร็จรูปของ Ogawa et.al.(1965)

3.6 วิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ทั้งหมดในแปลงศึกษา สัดส่วนคาร์บอน (conversion factor) เท่ากับ 0.47 (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC, 2006)

3.7 วิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกดูดซับมาจากชั้นบรรยากาศมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของต้นไม้ทั้งหมดในแปลงศึกษา โดยนำค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนคูณด้วย 3.667 (Intergovernmental Panel on Climate Change; IPCC, 2006)

3.8 วิเคราะห์หาปริมาตรลำต้นของไม้ยางเหียง ของ Husch et al. (2003) ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{ปริมาตรทรงกระบอก} = (A1+A2)/2 \times L$$

โดย

A1 คือ พื้นที่หน้าตัดโคนท่อน

A2 คือ พื้นที่หน้าตัดโคนปลายท่อน

L คือ ความยาวท่อน (m)

$$\text{ปริมาตรทรงกรวย} = 1/3*A1*H$$

โดย

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

A1 คือ พื้นที่หน้าตัดโคนท่อน

H คือ ความสูงทั้งหมดของปลายยอด (m)

นำผลของปริมาตรทรงกระบอกกับปริมาตรทรงกรวยมารวมกันจะได้ค่า Vs

โดย

Vs คือ ปริมาตรไม้ของลำต้นทั้งหมด

3.9 การคำนวณหา Form Factor ของไม้ยางเหียง (Philip, 1994)

3.9.1 การหาค่า cylinder volume

พื้นที่หน้าตัดระดับอก 1.30 ม. x ความสูงรวมทั้งต้น

3.10.2 การหาค่า Form Factor

$F = \frac{\text{Actual volume}}{\text{Cylinder volume}}$ หรือ $F = \frac{vs}{\text{cylinder volume}}$

โดยที่ Vs คือ ปริมาตรลำต้น (ลูกบาศก์เมตร)

4. วิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

4.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตกับปริมาตรลำต้นของไม้ยางเหียง ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย แบบ log-log linear regression จากข้อมูลตัวอย่างไม้ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

4.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนี d^2h กับ Form Factor ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้การถดถอยเชิงเส้นแบบง่าย แบบ log-log linear regression จากข้อมูลตัวอย่างไม้ในแต่ละพื้นที่ศึกษา

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. **โครงสร้างและความหลากหลายของสังคมพืชในพื้นที่ศึกษา**

ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่ศึกษา พบว่าแต่ละแปลงตัวอย่างมีความแตกต่างกันทั้งด้านความหนาแน่น จำนวนชนิดพันธุ์ และโครงสร้างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้ โดยแปลง C มีความหนาแน่นของต้นไม้สูงที่สุด 3,040 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือแปลง D A และ B ตามลำดับ ขณะที่แปลง A มีจำนวนชนิดพันธุ์สูงที่สุด 25 ชนิดและแปลง B ต่ำที่สุด 21 ชนิด เมื่อพิจารณาโครงสร้างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่าแปลง C มีจำนวนต้นไม้ขนาดเล็ก (dbh < 4.5 ซม.) สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 1,228 ต้นต่อเฮกตาร์ สะท้อนถึงการเกิดทดแทนของพรรณไม้ในระดับสูง ขณะที่แปลง B พบต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 188 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนกลุ่มต้นไม้ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 ซม. ขึ้นไป (dbh $\geq$ 4.5 ซม) พบรวมทั้งพื้นที่ เท่ากับ 5,884 ต้นต่อเฮกตาร์ โดยแปลง C มีจำนวนสูงที่สุด เท่ากับ 1,812 ต้นต่อเฮกตาร์ และแปลง A ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ1,200 ต้นต่อเฮกตาร์ แสดงถึงการมีไม้ที่เข้าสู่ระยะเจริญเติบโตของชั้นเรือนยอดจำนวนมากในพื้นที่ศึกษา สำหรับการกระจายตัวของต้นไม้ในแต่ละช่วงขนาด พบว่ากลุ่มไม้ขนาด (4.5–15 ซม.) มีจำนวนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ 4,064 ต้นต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือกลุ่มขนาด (15–25.5 ซม.) และไม้ขนาดใหญ่ (>25.5 ซม.) พบจำนวนน้อยที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าสังคมพืชส่วนใหญ่ประกอบด้วยไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของป่าเต็งรัง โดยแปลง A พบไม้ขนาดใหญ่สูงที่สุด เท่ากับ 120 ต้นต่อเฮกตาร์ สะท้อนถึงโครงสร้างป่าที่ค่อนข้างสมบูรณ์ ด้านพื้นที่หน้าตัดรวม พบว่าแปลง D มีค่าสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 24.23 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือแปลง A B และ C

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

ตามลำดับ สำหรับค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพ พบว่าแปลง A และ D มีค่าดัชนี Shannon และ Evenness สูงกว่าแปลงอื่น แสดงถึงความสมดุลของชนิดพันธุ์ ขณะที่แปลง B มีค่าต่ำที่สุด สะท้อนถึงการครอบงำของพรรณไม้บางชนิด ส่วนค่าดัชนี Fisher's Alpha พบสูงสุดในแปลง A มีค่าเท่ากับ 5.74 และต่ำสุดในแปลง C มีค่าเท่ากับ 4.71 (Table 1) โดยรวมสามารถสรุปได้ว่า แปลง A และ D มีโครงสร้างสังคมพืชค่อนข้างสมบูรณ์และมีความหลากหลายสูง ขณะที่แปลง C มีความหนาแน่นและการเกิดทดแทนสูง ส่วนแปลง B มีความหลากหลายน้อยกว่าแปลงอื่นในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Marod et al. (2019) และ Chaiyo et al. (2011) ที่รายงานว่าป่าเต็งรังในประเทศไทยมีองค์ประกอบหลักเป็นไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลาง และมีจำนวนต้นไม้ลดลงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น อันเป็นลักษณะทั่วไปของระบบนิเวศป่าเต็งรังภายใต้อิทธิพลของสภาพแวดล้อมแห้งแล้งและไฟป่าตามธรรมชาติ

Table 1. Forest structure and plant species diversity in the study area

Characteristics of location	Location				sum
	A	B	C	D	
Number of tree (per ha)	1,644	1,524	3,040	1,904	8,112
Species richness (per plot)	25	21	24	24	45
Number of families (per plot)	16	13	15	16	32
Individual					
dbh < 4.5 cm (per ha)	444	188	1,228	368	2,228
dbh ≥ 4.5 cm (per ha)	1,200	1,336	1,812	1,536	5,884
dbh 4.5- 15 cm (per ha)	732	928	1,384	1,020	4,064
dbh 15 – 25.5 cm (per ha)	348	360	404	472	1,584
dbh >25.5 cm (per ha)	120	48	24	44	236
Total basal area (m^2/ha)	23.90	21.83	21.71	24.23	
Shannon and Weaver index (H')	2.29	1.57	1.91	2.26	
Evenness Index (E)	0.71	0.52	0.60	0.71	
Fisher's index of (α)	5.74	4.78	4.71	5.33	

2. **ดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา**

ผลการศึกษาค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (Importance Value Index: IVI) พบว่าในทุกแปลงตัวอย่างมีไม้เด่นในวงศ์ Dipterocarpaceae เป็นองค์ประกอบหลักของสังคมพืช โดยเฉพาะเหียงซึ่งมีค่า IVI สูงที่สุดในทุกแปลง ได้แก่ แปลง A B C และ D เท่ากับ 115.90, 165.76, 113.42 และ 99.50 ตามลำดับ สะท้อนให้เห็นว่าเหียงเป็นชนิดไม้เด่นที่มีทั้งความหนาแน่น ความถี่ และความเด่นเชิงพื้นที่หน้าตัดสูง สามารถปรับตัวได้ดีต่อสภาพแวดล้อมของป่าเต็งรังที่มีความแห้งแล้ง ดินตื้น และเกิดไฟป่าซ้ำเป็นประจำ ในขณะที่แปลง B มีค่า IVI ของเหียงสูงมากเมื่อเทียบกับแปลงอื่น มีค่าเท่ากับ 165.76 แสดงถึงการครอบงำของชนิดไม้เพียงไม่กี่ชนิด ซึ่งสอดคล้องกับค่าดัชนีความหลากหลายทางชีวภาพที่ต่ำของแปลงดังกล่าว ขณะที่แปลง A และ C พบการกระจายตัวของชนิดไม้เด่นหลายชนิดมากกว่า เช่น รัง รักใหญ่ และเต็ง ส่งผลให้โครงสร้างสังคมพืชมีความหลากหลายและสมดุลมากกว่านอกจากนี้ ยังพบว่าชนิดไม้ร่วมเด่นในแต่ละแปลงมีความแตกต่างกันตามสภาพพื้นที่และการแข่งขันของพรรณไม้ เช่น แปลง D พบชิงชัน มีค่า IVI สูงรองจากเหียง สะท้อนถึงความเหมาะสม

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

ของสภาพพื้นที่ต่อไม้เนื้อแข็งบางชนิด ขณะที่แปลง A และ D พบว่า มะกอกเกลื้อน เป็นไม้ร่วมเด่น ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับสภาพความชื้นและความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มากกว่าแปลงอื่น (Table 2) ผลการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่า แม้พื้นที่ศึกษาจะเป็นป่าเต็งรังเหมือนกัน แต่โครงสร้างการครอบงำของชนิดไม้ในแต่ละแปลงมีความแตกต่างกันตามสภาพแวดล้อมและพลวัตของป่า ทั้งนี้ การที่เหียงมีค่า IVI สูงในทุกแปลงสะท้อนบทบาทสำคัญของชนิดไม้ดังกล่าวต่อโครงสร้างและการคงอยู่ของระบบนิเวศป่าเต็งรังการศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Marod et al. (2019) ที่รายงานว่าไม้ในวงศ์ Dipterocarpaceae เป็นชนิดไม้เด่นที่มีบทบาทสำคัญต่อโครงสร้างสังคมพืชของป่าเต็งรังในประเทศไทย เนื่องจากสามารถปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมที่แห้งแล้งและการเกิดไฟป่าซ้ำได้ดี จึงมักมีค่าดัชนีความสำคัญ (IVI) สูงและครอบงำสังคมพืช นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Kutintara (1975) ที่อธิบายว่าป่าเต็งรังมีลักษณะโครงสร้างที่ถูกกำหนดโดยปัจจัยด้านความชื้นในดิน ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และอิทธิพลของไฟป่า ส่งผลให้ชนิดไม้ที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมดังกล่าวสามารถครอบงำพื้นที่ได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะไม้ในกลุ่ม Dipterocarpaceae ซึ่งถือเป็นองค์ประกอบหลักของระบบนิเวศป่าเต็งรังในประเทศไทย

Table 2. Importance Value Index (IVI) of the top five dominant tree species

แปลง	ชนิดไม้	ชื่อวิทยาศาสตร์	RD	RF	Rdo	IVI
A	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	42.09	14.04	59.77	115.90
	รัง	*Pantacma siamensis* (Miq.) Kurz.	11.44	12.36	10.92	34.72
	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania lanzan* Spreng.	5.11	6.74	5.87	17.72
	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin.	4.38	7.87	4.03	16.27
	เหมือดจี้	*Memecylon plebejum* Kurz var. plebejum.	6.57	7.87	1.06	15.49
	อื่นๆ		30.41	51.12	18.35	99.89
B	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	64.30	23.15	78.30	165.76
	รัง	*Pantacma siamensis* (Miq.) Kurz.	5.51	10.19	4.25	19.95
	สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz. var. *chebula*	4.46	10.19	2.16	16.81
	เหมือดโลด	*Aporosa villosa* (Wall. ex Lindl.) Baill.	4.99	8.33	2.35	15.67
	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	4.20	6.48	3.08	13.76
	อื่นๆ		16.54	41.67	9.86	68.06
C	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	35.00	14.62	63.80	113.42
	รัง	*Pantacma siamensis* (Miq.) Kurz	18.82	14.04	7.47	40.32
	รักใหญ่	*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou	15.13	14.04	16.27	45.43
	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	12.76	12.87	3.74	29.36
	เหมือดจี้	*Memecylon plebejum* Kurz var. plebejum	7.63	11.70	1.08	20.41
	อื่นๆ		10.66	32.75	7.65	51.06
D	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	28.36	14.53	56.60	99.50
	ชิงชัน	*Dalbergia oliveri* Gamble ex Prain	21.43	12.21	17.31	50.95
	กระทุ่มเนิน	*Mitragyna rotundifolia* (Roxb.) Kuntze	9.66	10.47	1.35	21.48
	รักใหญ่	*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou	8.19	8.14	7.00	23.33
	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	7.56	9.88	6.89	24.34
	อื่นๆ		24.58	44.19	10.80	79.56

3. มวลชีวภาพ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้ยืนต้น

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

ผลการประเมินมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ศึกษา พบว่าทั้ง 4 พื้นที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยพื้นที่ D มีค่าสูงที่สุดทั้งมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน มีค่าเท่ากับ 89,245.91 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ปริมาณคาร์บอนสะสม มีค่าเท่ากับ 41,945.58 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า มีค่าเท่ากับ 153,814.44 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือพื้นที่ A Bและ C ต่อมาพบว่ามีมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมทุกพื้นที่มีค่าเท่ากับ 324,151.27 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ 152,351.10 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าได้ 558,671.47กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (Table 3) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ศึกษามีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในระดับค่อนข้างสูง ความแตกต่างของค่าดังกล่าวสะท้อนถึงอิทธิพลของโครงสร้างป่าและขนาดของต้นไม้ โดยพื้นที่ที่มีไม้ขนาดใหญ่และโครงสร้างป่าซับซ้อนจะมีค่ามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่า ในขณะที่พื้นที่ที่มีไม้ขนาดเล็กเป็นองค์ประกอบหลักจะมีค่าต่ำกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Jaikham et al. (2022) และ Saengthong et al. (2021) ที่รายงานว่าป่าเต็งรังที่มีโครงสร้างป่าสมบูรณ์และมีต้นไม้ขนาดใหญ่ จะมีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพและกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าพื้นที่ที่อยู่ในระยะฟื้นตัวของสังคมพืช

Table 3 Aboveground biomass, carbon stock, and CO_2 equivalent of each study plot

Area	Biomass (kg/ha)	Carbon stock (kg/ha)	CO_2 equivalent (kg/ha)
A	87,266.90	41,015.44	150,403.62
B	82,385.25	38,721.07	141,990.16
C	65,253.21	30,669.01	112,463.245
D	89,245.91	41,945.58	153,814.44
Total	324,151.27	152,351.10	558,671.47

4. **ความสัมพันธ์ระหว่างมิติเจริญเติบโตกับปริมาตรลำต้นของไม้ยางเหียงในพื้นที่ศึกษา**

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร d^2h (เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสองคูณความสูง) กับปริมาตรลำต้นของไม้ยางเหียงในพื้นที่ศึกษา พบว่าในทุกแปลงตัวอย่าง (A, B, C และ D) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างชัดเจน และสามารถอธิบายได้ด้วยสมการกำลังในรูปแบบ $y = ax^b$ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) อยู่ในระดับสูงทั้งหมด (มากกว่า 0.96) แสดงให้เห็นว่า d^2h เป็นตัวแปรที่มีประสิทธิภาพในการอธิบายการเปลี่ยนแปลงของปริมาตรลำต้นได้เป็นอย่างดี โดยแปลง A มีสมการ $y = 0.0003x^{0.7431}$และค่า $R^2 = 0.9662$ แสดงถึงความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูง แต่การเพิ่มขึ้นของปริมาตรมีแนวโน้มชะลอลงเมื่อ d^2h เพิ่มขึ้น ขณะที่แปลง B มีสมการ $y = 0.00004x^{0.9898}$และค่า $R^2 = 0.9881$ ส่วนแปลง C มีสมการ $y=0.0001x^{0.8816}$และค่า $R^2 = 0.984$ และแปลง D มีสมการ $y = 0.0002x^{0.8301}$ และค่า $R^2 = 96610$ ซึ่งบ่งชี้ว่าปริมาตรลำต้นเพิ่มขึ้นในอัตราที่ลดลงเมื่อขนาดของต้นไม้เพิ่มขึ้น(Figure 2) ทั้งนี้ ความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ในแต่ละแปลงสะท้อนถึงความผันแปรของรูปแบบการเจริญเติบโต ซึ่งอาจสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อม โครงสร้างสังคมพืช และการแข่งขันภายในพื้นที่ศึกษา ดังนั้น d^2h สามารถใช้เป็นตัวแปรสำคัญในการประมาณปริมาตรลำต้นของไม้ยางเหียงได้อย่างมีประสิทธิภาพในทุกแปลงตัวอย่างดังกล่าว สอดคล้องกับ Husch et al. (2003) ที่ระบุว่าเส้นผ่านศูนย์กลาง

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

เพียงอก (DBH) และความสูงของต้นไม้เป็นตัวแปรพื้นฐานที่ใช้ในการประมาณปริมาตรไม้ และการรวมกันในรูปของ d^2h สามารถอธิบายความแปรผันของปริมาตรลำต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

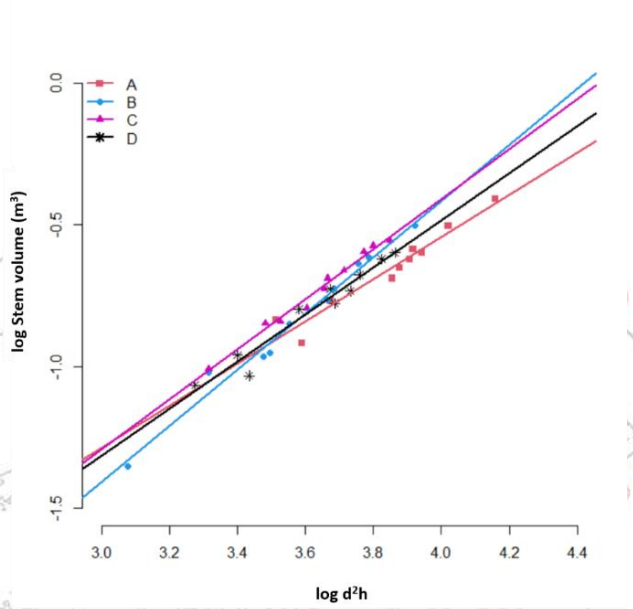

Figure 2 The relationship between the d2h index and the direction of Dipterocarpus alatus trees in study areas A, B, C, and D.

5. **ความสัมพันธ์ระหว่างมิติเจริญเติบโตกับค่า** Form factor

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างค่า form factor (f1.30) กับตัวแปร d^2h ของไม้ยางเหียงในพื้นที่ศึกษา พบว่าในทุกแปลงตัวอย่างมีแนวโน้มความสัมพันธ์เชิงลบ โดยค่า form factor ลดลงเมื่อค่า d^2h เพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงรูปทรงลำต้นที่มีลักษณะสอบเรียวมากขึ้นในต้นไม้ขนาดใหญ่ โดยแปลง A มีสมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.00004x$ และมีค่า $R^2 = 0.765$ แสดงถึงแนวโน้มการลดลงของค่า form factor อย่างชัดเจนเมื่อขนาดต้นไม้เพิ่มขึ้น ขณะที่แปลง B มีสมการ $y = 0.00009x$ และค่า $R^2 = 0.8073$ โดยค่า form factor มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยและค่อนข้างคงที่เมื่อเทียบกับแปลงอื่น สำหรับแปลง C พบว่าสมการความสัมพันธ์คือ $y = 0.0001x$ และมีค่า $R^2 = 0.881$ แสดงถึงความสัมพันธ์ในระดับสูง และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามการเพิ่มขึ้นของ d^2h ส่วนแปลง D มีสมการ $y = 0.0001x$ และค่า $R^2 = 0.8032$ โดยมีแนวโน้มลดลงค่อนข้างชัดเจนเช่นเดียวกับแปลง A สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงรูปทรงลำต้นที่เด่นชัดในต้นไม้ขนาดใหญ่(Figure 3) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่า form factor ของไม้ยางเหียงมีแนวโน้มลดลงตามการเพิ่มขึ้นของ d^2h ในทุกแปลงตัวอย่าง ซึ่งบ่งชี้ว่าต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีลักษณะลำต้นที่สอบเรียวมากขึ้น ทั้งนี้ความแตกต่างของความชันและค่าความสัมพันธ์ในแต่ละแปลงอาจสัมพันธ์กับปัจจัยด้านโครงสร้างป่า ความหนาแน่นของต้นไม้ และการแข่งขันภายในพื้นที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Philip (1994) และ Husch et al. (2003) ที่รายงานว่ารูปทรงลำต้นมีความสัมพันธ์กับขนาดของต้นไม้ โดยต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะมีแนวโน้มเกิดการเรียวของลำต้นมากขึ้น ส่งผลให้ค่า form factor ลดลง

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

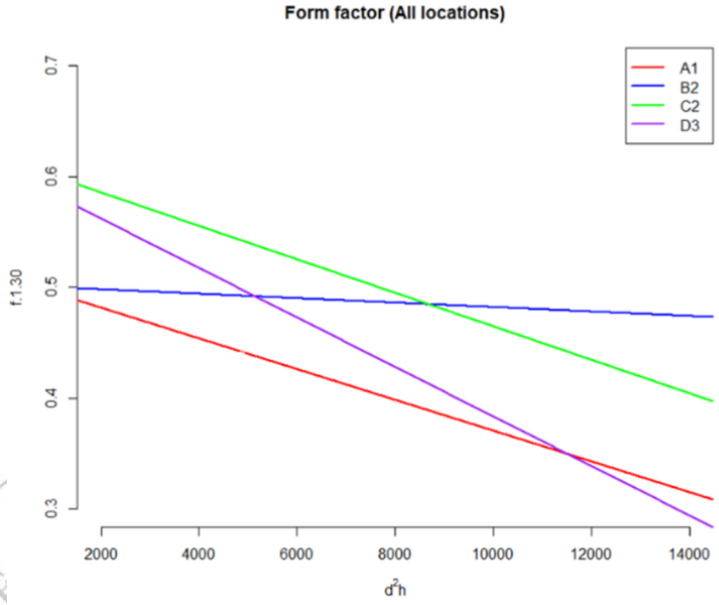

Figure 3 shows that the form factor at 1.30 decreases with increasing d^2h across all study areas (A–D), although the strength of this relationship varies among sites.

ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างสังคมพืชของป่าเต็งรังในพื้นที่โครงการพัฒนาบ้านโป่งอันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ มีความแตกต่างกันในแต่ละแปลงตัวอย่าง ทั้งในด้านความหนาแน่น จำนวนชนิดพันธุ์ โครงสร้างขนาดต้นไม้ และความหลากหลายทางชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนในไม้ยืนต้น และรูปทรงของไม้ยางเหียง ซึ่งสิ่งเหล่านี้สะท้อนถึงอิทธิพลของสภาพแวดล้อมและพลวัตของป่าในแต่ละพื้นที่ ผลการศึกษาพบว่า แปลง C มีความหนาแน่นของต้นไม้และการเกิดทดแทนของพรรณไม้สูง สะท้อนถึงการฟื้นตัวของสังคมพืช ขณะที่แปลง A และ D มีจำนวนไม้ขนาดใหญ่ พื้นที่หน้าตัดรวม และค่าความหลากหลายทางชีวภาพสูงกว่าแปลง B และC แสดงถึงโครงสร้างป่าที่ค่อนข้างสมบูรณ์และมีความสมดุลของชนิดพันธุ์มากกว่า ส่วนแปลง B มีลักษณะการครอบงำของไม้บางชนิดอย่างชัดเจน ส่งผลให้ค่าความหลากหลายต่ำกว่าพื้นที่อื่น ในส่วนขององค์ประกอบชนิดไม้พบว่าไม้ในวงศ์ Dipterocarpaceae โดยเฉพาะเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เป็นชนิดไม้เด่นในทุกแปลงเพราะว่ามีค่า IVI สูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทั่วไปของป่าเต็งรังในประเทศไทยที่มักถูกครอบงำโดยไม้ทนแล้งและทนไฟป่าได้ดี นอกจากนี้ การที่กลุ่มไม้ขนาดกลางมีจำนวนมากที่สุด และไม้ขนาดใหญ่พบค่อนข้างน้อย แสดงให้เห็นว่ามีต้นไม้ขนาดเล็กจำนวนมาก และจำนวนต้นไม้ลดลงตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสะท้อนถึงการเกิดทดแทนของพรรณไม้และพลวัตของป่าธรรมชาติที่ยังคงดำเนินอย่างต่อเนื่อง ในด้านมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอน พบว่าแปลง D มีศักยภาพในการสะสมมวลชีวภาพ กักเก็บคาร์บอนและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 89,245.91, 41,945.58 และ 153,814.44 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ เนื่องจากมีไม้ขนาดใหญ่และค่าพื้นที่หน้าตัดรวมสูง ขณะที่พื้นที่ศึกษาทั้งหมดสามารถกักเก็บคาร์บอนและดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้รวมได้ในระดับสูง มีค่าเท่ากับ 161,883.75 และ 593,627.81 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แสดงให้เห็นถึงบทบาทสำคัญของป่าเต็งรังต่อการรักษาสมดุลคาร์บอนและการลดผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ นอกจากนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่า d^2h กับ

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

ปริมาตรลำต้นของไม้เหียงที่มีค่า R^2 มากกว่า 0.96 สูงในทุกแปลง แสดงให้เห็นว่าตัวแปร d^2h สามารถใช้ในการประมาณปริมาตรลำต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขณะที่ค่า form factor มีแนวโน้มลดลงเมื่อขนาดต้นไม้เพิ่มขึ้น สะท้อนถึงลักษณะลำต้นที่สอบเรียวมากขึ้นในต้นไม้ขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่สัมพันธ์กับการเจริญเติบโตและการแข่งขันในสังคมพืชป่าเต็งรัง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ พี่ๆในห้องปฏิบัติการของวิชาเอกทรัพยากรป่าไม้และการจัดการ น้องรุ่น 2 ในวิชาเอกทรัพยากรป่าไม้และการจัดการ ณ มหาวิทยาลัยแม่โจ้เชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

Brown, S. 2002. Measuring carbon in forests: Current status and future challenges. Environmental Pollution 116(3): 363–372.

Chaiyo, U., Garivait, S., & Wanthongchai, K. 2011. Carbon storage and biomass accumulation in dry dipterocarp forest, Northeastern Thailand. Journal of Sustainable Energy & Environment 2(4): 173–178.

Charuphat, T. 1998. Forest situation of Thailand in the past 37 years (1961–1998). Forest Research Office, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand.

Chave, J., M. Réjou-Méchain, A. Búrquez, E. Chidumayo, M. S. Colgan, W. B. C. Delitti, A. Duque, T. Eid, P. M. Fearnside, R. C. Goodman, M. Henry, A. Martínez-Yrízar, W. A. Mugasha, H. C. Muller-Landau, M. Mencuccini, B. W. Nelson, A. Ngomanda, E. M. Nogueira, E. Ortiz-Malavassi, R. Pélissier, P. Ploton, C. M. Ryan, J. G. Saldarriaga, and G. Vieilledent. 2014. Improved allometric models to estimate the aboveground biomass of tropical trees. Forest Ecology and Management 512: 120002.

Curtis, J.T. and R.P. McIntosh. 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. Ecology 32(3): 476-496.

Fisher, R.A., Corbet, A.S. และ Williams, C.B. 1943. The relation between the number of species and number of individuals in a random sample of an animal population. Journal of Animal Ecology, 12, 42–53.

Husch, B., T. W. Beers, and J. A. Kershaw. 2003. Forest mensuration. 4th ed. John Wiley & Sons, New York.

IPCC. 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IGES, Japan.

Jaikham, W., S. Inthasuk, and P. Kaewkham. 2022. Diversity and structure of plant communities in dry dipterocarp forests in northern Thailand. Thai Journal of Forestry 41(2): 45–60. [in Thai]

Ketpranit, S., N. Tangtham, S. Saengthongphrao, P. Thammanon, N. Phumiphakphan, and S. Akka-akkara. 1991. Wildfires and their impact on forest systems in Thailand. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. [in Thai]

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด

บทความวิจัยสหกิจศึกษา

Khammanivong, K., V. Thammavong, T. Khotpathoom, and P. Wanneng. 2023. Review of tree species in dry dipterocarp forest, Savannakhet Province, Lao PDR. Souphanouvong University Journal of Multidisciplinary Research and Development 9(4): 204–212.

Kutintara, U. 1975. Structure of the dry dipterocarp forest. Ph.D. dissertation, Colorado State University, Colorado.

Larpkern, P., M. Eriksen, and P. Waiboony. 2017. Diversity and uses of tree species in the deciduous dipterocarp forest, Mae Chaem District, Chiang Mai Province, northern Thailand. Naresuan University Journal: Science and Technology 25(3).

Larson, P. R. 1963. Stem form development of forest trees. *Forest Science Monograph* 5: 1–42.

Marod, D., Kutintara, U., Tanaka, H., & Nakashizuka, T. 2019. Forest structure and tree species composition in dry dipterocarp forest of Thailand. Tropics 28(2): 45–57.

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino, and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand II: Plant biomass. Nature and Life in Southeast Asia 4: 49–80.

Philip, M. S. 1994. Measuring trees and forests. 2nd ed. CAB International, Wallingford.

Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. Journal of Theoretical Biology 13: 131-144.

Reich, P. B., M. B. Walters, and D. S. Ellsworth. 1997. From tropics to tundra: Global convergence in plant functioning. Proceedings of the National Academy of Sciences 94(25): 13730–13734.

Saengthong, P., A. Wongkham, and K. Maneewong. 2021. The relationship between leaf functional traits and environmental factors in dry dipterocarp forest. Journal of Natural Resources and Environment 13(1): 23–38. [in Thai]

Shannon, C. E., and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press, Urbana, IL.

Smithinand, T., T. Santisuk, and C. Phengklai. 1980. Manual of Dipterocarpaceae of mainland Southeast Asia. Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok.

Sterck, F. J., F. Bongers, and D. M. Newbery. 2001. Tree architecture in a Bornean lowland rain forest: Interspecific differences and relationships with light availability. *Journal of Ecology* 89(4): 664–676.

© สงวนลิขสิทธิ์
ห้ามคัดลอก ดัดแปลง หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากผู้จัดทำโดยเด็ดขาด