นิพนธ์ต้นฉบับ

อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ภายใต้ช่องว่างระหว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดในป่าดิบเขาระดับต่ำ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

มนัส พิมพ์รัตน์[1] และ อภิษฎา เรืองเกตุ[2*]

รับต้นฉบับ: 26 มีนาคม 2569 ฉบับแก้ไข: 14 มิถุนายน 2569 รับลงพิมพ์: 16 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: ป่าธรรมชาติเป็นระบบนิเวศที่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างพรรณไม้อย่างต่อเนื่องจากการผ่านกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติ ซึ่งกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติเป็นกลไกสำคัญในการรักษาโครงสร้างและความหลากหลายของพรรณไม้ โดยเฉพาะระยะกล้าไม้ถือเป็นช่วงสำคัญของวงจรชีวิตพรรณไม้ เนื่องจากต้องเผชิญกับการแข่งขันและการคัดเลือกโดยปัจจัยแวดล้อมที่เข้มข้น ซึ่งส่งผลต่อการงอก การเติบโต และการอยู่รอดของกล้าไม้ โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าดิบเขาที่มีลักษณะเฉพาะและพบที่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ซึ่งมีอากาศค่อนข้างชื้นและเย็น เรือนยอดหนาแน่นทึบ ทำให้แสงส่องถึงพื้นป่าได้จำกัด พรรณไม้ส่วนใหญ่จึงมีลักษณะทนร่ม อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดจากการล้มตายของไม้ใหญ่ ส่งผลให้ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความชื้นมีความแตกต่างไปจากพื้นที่ใต้เรือนยอด ความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อมดังกล่าวอาจมีผลโดยตรงต่อกระบวนการงอกและการตั้งตัวของกล้าไม้ โดยชนิดไม้ที่ต้องการแสงมักมีอัตราการเกิดและเติบโตสูงในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด แตกต่างจากชนิดไม้ทนร่มที่ต้องการสภาพแสงน้อยกว่าและมักพบภายใต้เรือนยอด นอกจากนี้ ความแปรผันของความเข้มแสงและอุณหภูมิยังอาจส่งผลต่อการตายของกล้าไม้ สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวของพรรณไม้แต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงและอุณหภูมิกับอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ในป่าดิบเขานับว่ามีการศึกษาค่อนข้างน้อย ดังนั้น วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยแวดล้อมด้านความเข้มแสงและอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด 2) เพื่อศึกษาอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ระหว่างพื้นที่ และ 3) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิดของกล้าไม้ในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด ระหว่างปี พ.ศ. 2555 - 2558 เพื่อทำความเข้าใจบทบาทของปัจจัยแวดล้อมบางประการที่สนับสนุนการทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าดิบเขาระดับต่ำ บริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่

วิธีการ: ดำเนินการในแปลงถาวรป่าดิบเขาระดับต่ำ ขนาด 16 เฮกแตร์ (400 x 400 เมตร) อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ โดยสำรวจพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอด และพื้นที่ใต้เรือนยอด คัดเลือก พื้นที่ละ 9 จุด รวม 18 จุด ในแต่ละจุดวางแปลงตัวอย่างกล้าไม้ ขนาด 1x1 เมตร จำนวน 5 แปลง รวม 90 แปลง สำรวจกล้าไม้ในแปลงตัวอย่างด้วยการติดหมายเลขกล้าไม้ทุกต้นภายในแปลงพร้อมจำแนกชนิด ติดตามการเกิดและการรอดตายของกล้าไม้ทุก ๆ เดือน ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ.2555 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 วิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายกล้าไม้ ความหนาแน่นกล้าไม้ อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ และความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับการเกิดของกล้าไม้ ในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด ด้วยสถิติ Spearman’s rank correlation ในโปรแกรม R

ผลการศึกษา: พบกล้าไม้ทั้งหมด 105 ชนิด 80 สกุล 48 วงศ์ มีความหนาแน่นของกล้าไม้ 293,222 ต้นต่อเฮกแตร์ ส่วนใหญ่เป็นกล้าไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) และวงศ์อบเชย (Lauraceae) เมื่อพิจารณาแยกแต่ละพื้นที่ พบกล้าไม้ในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด จำนวน 77 ชนิด 62 สกุล 39 วงศ์ ส่วนพื้นที่ใต้เรือนยอด จำนวน 70 ชนิด 53 สกุล 36 วงศ์ โดยกล้าก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) พบมากที่สุดทั้งสองพื้นที่ มีความหนาแน่น 210,000 และ 136,444 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ สำหรับอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด พบว่า มีความผันแปรตามช่วงเวลา (ปี พ.ศ. 2555 – 2558) และตามช่วงเวลาและฤดูกาลด้วย โดยช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูแล้งพบการเกิดของกล้าไม้สูงที่สุด ขณะที่การตายของกล้าไม้เกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ แต่มีการอัตราการตายน้อยกว่าการเกิดของกล้าไม้ตลอดระยะเวลาศึกษา เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ที่มีจำนวนต้นมากกว่า 10 ต้นระหว่างปี พ.ศ. 2556 – 2558 จำนวน 11 ชนิด พบว่า อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้มีความแตกต่างกันตามชนิด โดยกล้าไม้ในวงศ์ Fagaceae คือ ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) และก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) พบกล้าไม้ทั้งในบริเวณช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด แสดงถึงความสามารถในการตั้งตัวได้ในสภาพความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ส่วนกล้าไม้ในวงศ์ Lauraceae ได้แก่ เมียดต้น (*Litsea martabanica*) และอินทวา (*Persea gamblei*) พบกล้าไม้ในบริเวณใต้เรือนยอดมากกว่าบริเวณช่องว่างเรือนยอด ในขณะที่ เชียด (*Cinnamomum iners*) พบกล้าไม้เฉพาะในบริเวณช่องว่างเรือนยอด แสดงถึงความต้องการแสงที่สูงกว่าสภาพใต้เรือนยอด ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ทั้ง 11 ชนิด ในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดพบว่าไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อใบเลื่อม(*Castanopsis tribuloides*) และหว้าลิง (*Syzygium tetragonum*) มีแนวโน้มชอบพื้นที่ที่มีความเข้มแสงน้อย ในขณะที่ เต้าเลื่อม (*Macaranga indica*) และเหมือดจี้ดง (*Memecylon plebejum*) มีแนวโน้มชอบพื้นที่ที่มีความเข้มแสงมาก

สรุป: อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้มีแปรผันตามลักษณะความต้องการทางนิเวศโดยเฉพาะความต้องการแสงของพรรณไม้แต่ละชนิด โดยความแตกต่างของสภาพแสงระหว่างบริเวณช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดมีผลต่อการตั้งตัวของกล้าไม้ในป่าดิบเขา ดังนั้น การเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดจึงมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ การคงอยู่ของความหลากหลายพรรณไม้และพลวัตป่าในระบบนิเวศป่าเขตร้อน

คำสำคัญ: ช่องว่างระหว่างเรือนยอด; ป่าดิบเขา; พลวัตป่าไม้

---

[1] สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 7 (ขอนแก่น) กรมป่าไม้ ขอนแก่น 40000

[2] สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

*** ผู้รับผิดชอบบทความ**: apisada.rue@stou.ac.th

https://doi.org/10.34044/tferj.2026.10.1.6653

ORIGINAL ARTICLE

Seedling Recruitment and Mortality Rates under Gap and Crown Canopy in Lower Montane Forest at Doi Suthep – Pui National Park, Chiang Mai Province

Manas Pimrat[1] and Apisada Rueangket[2*]

Received: 26 March 2026 Revised: 14 June 2026 Accepted: 16 June 2026

ABSTRACT

Background and Objectives: Natural forests are dynamic ecosystems in which the structure and composition of plant communities continuously change through the process of natural regeneration. This regeneration process is an important ecological mechanism that maintains forest structure, species composition, and plant diversity over long periods of time. The seedling stage represents a critical phase in the life cycle of forest plants because seedlings must cope with intense competition and environmental filtering, which influence germination, growth, and survival. This process is particularly important in ecosystems with specific environmental characteristics, such as montane forests, which generally occur at elevations higher than 1,000 meters above mean sea level and are characterized by cool and humid conditions as well as dense forest canopies that limit light penetration to the forest floor. As a result, many plant species exhibit shade-tolerant characteristics. However, disturbances such as the fall or death of large trees can create forest gaps, which alter local environmental conditions, including light intensity, temperature, and humidity. These environmental differences influence seed germination and seedling establishment. Light-demanding species generally exhibit higher recruitment and growth rates in forest gap areas, whereas shade-tolerant species are better able to establish and survive under low-light conditions beneath the crown canopy. In addition, variations in light intensity and temperature also affect seedling mortality rates, reflecting the adaptive capacity of each species under different environmental conditions. However, quantitative information on the relationships between light intensity and temperature and the recruitment and mortality rates of seedlings in montane forest remain limited. Therefore, this study aims to: 1) compare light intensity and temperature between forest gap areas and crown canopy areas; 2) examine the recruitment and mortality rates of different seedling species in both habitat types; and 3) analyze the relationship between light intensity and seedling recruitment rates in both habitat types during 2013 - 2015. This study is expected to enhance the understanding of some role of environmental factors in natural regeneration processes of plant communities in a lower montane forest at Huai Kog Ma watershed, Doi Suthep–Pui National Park, Chiang Mai Province.

Methodology: The study was conducted in a 16-hectare permanent plot measuring 400 × 400 meters located within Doi Suthep–Pui National Park, Chiang Mai Province. Two types of forest environments were investigated: forest gap areas and areas under crown canopy. Nine sampling locations were selected for each type of environment, resulting in a total of 18 study locations. At each location, five seedling subplots measuring 1 × 1 meter were established, giving a total of 90 seedling plots. All seedlings occurring within each subplot were tagged and identified to species level. Each seedling was assigned an identification number in order to monitor its survival and recruitment over time. Field observations were conducted monthly from August 2012 to December 2015. During each monitoring period, newly recruited seedlings and dead seedlings were recorded. The collected data were then analyzed to calculate seedling species diversity, seedling density, recruitment rates, and mortality rates in both forest gap areas and crown canopies. The relationships between environmental factors and seedling recruitment were examined in both gap and crown canopy using Spearman's rank correlation in R.

Main Results: A total of 105 seedling species belonging to 80 genera and 48 families were recorded during the study period, with an overall seedling density of 293,222 individuals. ha^{-1}. Most seedlings belonged to the families Fagaceae and Lauraceae, which are dominant components of montane forests in northern Thailand. When the two habitat types were considered separately, 77 species representing 62 genera and 39 families were recorded in forest gap areas, whereas 70 species representing 53 genera and 36 families were found under the forest canopy. In both environments, *Castanopsis acuminatissima* were the most abundant species, with seedling densities of 210,000 and 136,444 individuals.ha^{-1} under forest gap and crown canopy conditions, respectively. Seedling recruitment and mortality in both forest gap and under crown canopies varied among years and also showed seasonal variation. The highest seedling recruitment was observed during the late rainy season to the early dry season, indicating that favorable moisture conditions during the rainy season may enhance seed germination and early seedling establishment. In contrast, seedling mortality occurred intermittently throughout the study period and remained lower than recruitment overall. When focusing on species with more than 10 individuals recorded between 2013 and 2015, a total of 11 species were analyzed. The results showed that recruitment and mortality rates differed among species. Seedlings in the family Fagaceae, including *Castanopsis acuminatissima* and *Castanopsis tribuloides* were found in both forest gaps and crown canopies, indicating that these species are able to establish under a wide range of light intensity. For species in the family Lauraceae, including *Litsea martabanica* and *Persea gamblei*, seedling recruitment occurred more frequently under the forest canopy than in forest gaps, reflecting the shade-tolerant characteristics of these species. In contrast, *Cinnamomum iners* seedlings were found only in forest gap areas, suggesting that this species requires higher light availability for successful establishment.

The relationships between light intensity and seedling recruitment and mortality of all 11 species did not differ significantly between forest gap and under crown canopy conditions ($p > 0.05$). However, *Castanopsis acuminatissima*, *Castanopsis tribuloides* and *Syzygium tetragonum* showed a tendency to occur under lower light conditions, whereas *Macaranga indica* and *Memecylon plebejum* tended to be associated with higher light intensities.

Conclusion: Seedling recruitment and mortality rates varied among species which related to the ecological niches, in particular species light demanding. Differences in light availability between under gap and crown canopy had influenced seedling establishments in montane evergreen forest. The formation of canopy gaps therefore play an important role in natural regeneration processes and contributes to the maintenance of plant diversity and forest dynamics in tropical forest ecosystems.

Keywords: Forest gap; montane forest; forest dynamics

---

[1] Forest Resource Management Office No.7 (Khonkaen), Royal Forest Department, Khonkaen 40000, Thailand

[2] School of Agriculture and Cooperatives, Sukhothai Thammathirat Open University, Nonthaburi 11120, Thailand

*** Corresponding author:** apisada.rue@stou.ac.th

https://doi.org/10.34044/tferj.2026.10.1.6653

คำนำ (Introduction)

ป่าธรรมชาติเป็นระบบนิเวศที่มีพลวัตของโครงสร้างพรรณไม้เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องผ่านกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติ (Natural regeneration) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการคงอยู่ของโครงสร้างป่าและความหลากหลายของชนิดไม้ในระยะยาว ระยะกล้าไม้ถือเป็นช่วงสำคัญของวงจรชีวิตพรรณไม้ เนื่องจากเป็นระยะที่มีการแข่งขันและการคัดเลือกโดยปัจจัยแวดล้อมสูง ส่งผลให้การงอก การเจริญเติบโต และการอยู่รอดของกล้าไม้มีความแตกต่างกันไปตามชนิดไม้และสภาพแวดล้อม (Swaine & Whitmore, 1988; Whitmore, 1989; Liu, 2025)

ป่าดิบเขา (Montane evergreen forest) โดยทั่วไปพบกระจายในพื้นที่ความสูงมากกว่า 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล โดยมีสภาพภูมิอากาศที่ค่อนข้างชื้นและเย็น โครงสร้างของป่าดิบเขามักมีเรือนยอดหนาแน่น (Ruangpanit, 2005; Marod & Kutintara, 2009) ทำให้สภาพแสงที่ส่องถึงพื้นป่ามีค่อนข้างจำกัด ส่งผลให้พรรณไม้จำนวนมากในระบบนิเวศนี้มีลักษณะทนร่มและตั้งตัวได้ดีภายใต้สภาพแสงต่ำใต้เรือนยอดป่า อย่างไรก็ตาม การล้มตายของไม้ใหญ่หรือการรบกวนตามธรรมชาติสามารถก่อให้เกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Forest gap) ซึ่งทำให้บริเวณดังกล่าวมีความเข้มแสง และอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้เกิดความแตกต่างของสภาพแสง อุณหภูมิ และความชื้นระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด (Brokaw, 1985; Whitmore, 1989)

การเพิ่มขึ้นของความเข้มแสงในบริเวณช่องว่างเรือนยอดป่า ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดและการตั้งตัวของกล้าไม้ โดยเฉพาะกลุ่มไม้เบิกนำ (Pioneer species) ที่มีความต้องการแสงสูง เช่น เต้าเลื่อม (*Macaranga indica*) เมียดต้น (*Litsea martabanica*) ปลายสาน (*Eurya acuminata*) และเหมือดจี้ดง (*Memecylon plebejum*) เป็นต้น ขณะที่ชนิดไม้ทนร่มสามารถอยู่รอดได้ดีในสภาพแสงต่ำใต้เรือนยอด (Swaine & Whitmore, 1988) นอกจากนี้ ความแปรผันของความเข้มแสงและอุณหภูมิยังส่งผลต่ออัตราการตายของกล้าไม้ สะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวของพรรณไม้แต่ละชนิดภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน (Du *et al*., 2007; Xue *et al*., 2023)

งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า ป่าดิบเขาระดับต่ำในอุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุยมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ทั้งในด้านพลวัตป่า การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบชนิดไม้ และการสืบต่อพันธุ์ของพรรณไม้ ซึ่งล้วนเชื่อมโยงกับการเกิดและการอยู่รอดของกล้าไม้ (Thinkampheang *et al*., 2024; Rueangket *et al*., 2025; Marod *et al*., 2025) การศึกษาพลวัตของกล้าไม้บริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดในป่าดิบเขาระดับต่ำ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่ออธิบายผลของสภาพแวดล้อมท้องถิ่นต่อการตั้งตัว การเจริญเติบโต และการอยู่รอดของกล้าไม้ ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญต่อการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างป่าในอนาคต ดังนั้น วัตถุประสงค์การศึกษาครั้งนี้ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบปัจจัยแวดล้อมด้านความเข้มแสงและอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด 2) เพื่อศึกษาอัตราการเกิดและการตาย

ของกล้าไม้ระหว่างพื้นที่ และ 3) เพื่อต้องการทราบบทบาทของปัจจัยแวดล้อมบางประการต่อการสืบต่อพันธุ์ของพืชในป่าดิบเขาระดับต่ำ โดยการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิดกล้าไม้ระหว่างสองพื้นที่ (ช่วงปี พ.ศ. 2556-2558) องค์ความรู้ที่ได้จะนำไปประยุกต์ใช้เพื่อคัดเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมต่อการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าดิบเขาของประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. พื้นที่ศึกษา (Study area)

ใช้พื้นที่แปลงถาวรป่าดิบเขาระดับต่ำ (Lower montane forest permanent plot, LMFP) ขนาด 16 เฮกแตร์ (18° 54' N–98° 54' E) ที่สร้างไว้บริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เขตสงวนชีวมณฑลแม่สา-คอกม้า อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูง 1,250-1,540 เมตร (Marod *et al.*, 2022) ในช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม–ตุลาคม) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 335.2 มิลลิเมตร และอุณหภูมิระหว่าง 18.93–21.79 องศาเซลเซียส และในช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่ำสุด 10 มิลลิเมตร และมีอุณหภูมิเฉลี่ย 14.79–22.35 องศาเซลเซียส (Glomvinya *et al.*, 2016)

2.การเก็บข้อมูล (Data collection)

2.1 คัดเลือกพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด (Gap canopy) และพื้นที่ใต้เรือนยอด (Under crown canopy) พื้นที่ละ 9 จุด (รวม 18 จุด) พื้นที่ช่องว่างเรือนยอดต้องมีร่องรอยไม้ล้มเกิดเป็นช่องว่างและแสงส่องลงสู่พื้นป่าค่อนข้างสูง มีขนาดพื้นที่เฉลี่ย 700±269.26 ตารางเมตร (Table 1) ในแต่ละจุดวางแปลงตัวอย่างกล้าไม้ ขนาด 1 x 1 เมตร จำนวน 5 แปลง รวมทั้งหมด 90 แปลงตัวอย่าง (Figure 1)

2.2 ติดตั้งเครื่องมือ Hobo Data Loggers ทุกจุดสำรวจ เพื่อตรวจวัดภูมิอากาศท้องถิ่น (อุณหภูมิและความเข้มแสง) เก็บข้อมูลรายชั่วโมง ตั้งแต่สิงหาคม พ.ศ.2555 ถึง ธันวาคม พ.ศ. 2558 และนำค่ามาเฉลี่ยเป็นรายเดือนสำหรับวิเคราะห์ร่วมกับอัตราการเกิดและตายของกล้าไม้

Table 1 Selected forest gap sizes in the lower montane forest permanent plot (LMFP).

Sampling point	Area (m^2)	Vegetation cover
1	1000	M
2	1000	M
3	1000	G
4	900	G
5	600	G
6	500	G
7	500	G
8	400	G
9	400	G
Mean	700±269.26	

Remarks: M = coverage by wild banana (*Musa acuminanta*), G = forest gap

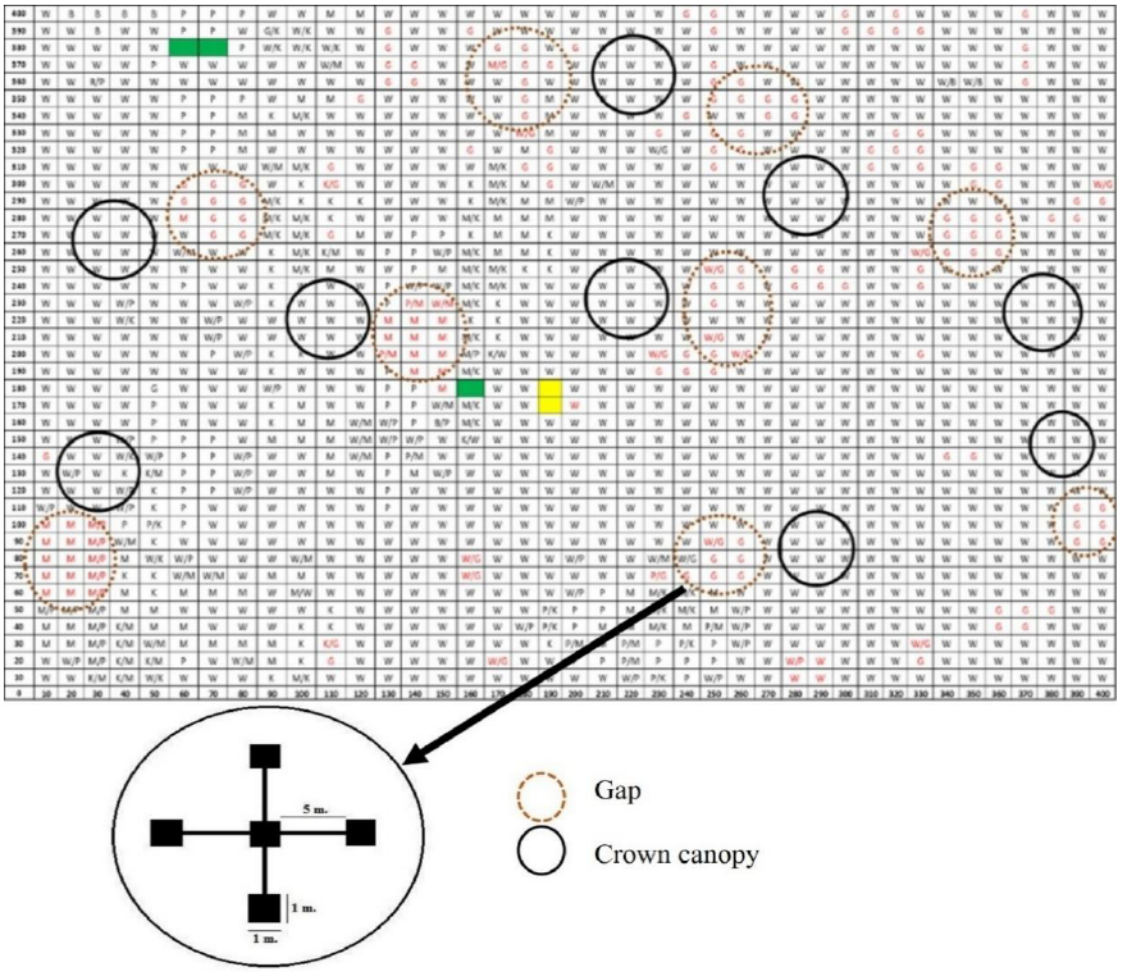

Figure 1 Map of vegetation cover and the layout of seedling sampling plots under gap and crown canopy in the permanent plot. Abbreviate shown vegetation covers; (W) woody, (P) palm, (M) wild banana, (B) bamboo cover, (K) *Calathea*, and (G) gap, respectively.

2.3 สำรวจกล้าไม้ในแปลงตัวอย่างตั้งแต่เริ่มมีใบงอกจากเมล็ด ทำการติดหมายเลขกล้าไม้ทุกต้น จำแนกชนิด พร้อมติดตามการเกิดและการรอดตายของกล้าไม้ทุก ๆ เดือน ตั้งแต่ เดือนสิงหาคม พ.ศ.2555 ถึง เดือนธันวาคม พ.ศ. 2558

3. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis)

3.1 ทดสอบความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อม (อุณหภูมิและความเข้มแสงเฉลี่ยรายวัน) ระหว่างพื้นที่ใต้ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด ด้วยสถิติ t-test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2025) เพื่อคัดเลือกปัจจัยแวดล้อมที่แสดงความแตกต่างระหว่างพื้นที่ และนำไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับการเกิดกล้าไม้ในข้อ 3.3

3.2 ดัชนีความหลากหลาย โดยใช้สมการ Shannon-Weiner (Marod & Kutintara, 2009) ส่วนอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ ตามสูตรของ Lieberman & Lieberman (1987) ดังนี้

ความหลากหลาย (Species diversity)

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

เมื่อ H' = ค่าดัชนีความหลากชนิดของ Shannon–Wiener

S = จำนวนชนิดทุกชนิดในสังคมพืช

pi = สัดส่วนของจำนวนชนิดที่ i ต่อผลรวมของจำนวนทั้งหมดทุกชนิดในสังคมพืช เมื่อ i = 1, 2, 3,…, S

อัตราการเกิด (R, %)

$$R = 100\left[\frac{(\ln Nt - \ln St}{t}\right]$$

เมื่อ Nt = จำนวนต้นไม้ที่เพิ่มขึ้นเมื่อทำการสำรวจใหม่ในช่วงเวลานั้น

St = จำนวนต้นไม้เมื่อเริ่มสำรวจ

t = จำนวนระยะเวลาที่ทาการวัดซ้ำ

ln = Natural log หรือ มีค่าเท่ากับ 0.3010

อัตราการตาย (M, %)

$$M = 100\left[\frac{(\ln No - \ln Ni}{t}\right]$$

เมื่อ No = จำนวนต้นไม้เริ่มดำเนินสำรวจ

Ni = จำนวนต้นไม้ที่รอดตายเมื่อสำรวจซ้ำ

t = จำนวนระยะเวลาที่ทำการวัดซ้ำ

ln = Natural log หรือ ล๊อคฐานสอง มีค่าเท่ากับ 0.3010

จากนั้นคัดเลือกชนิดกล้าไม้สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในขั้นตอนถัดไป โดยพิจารณาเฉพาะชนิดกล้าไม้ที่สำรวจพบมากกว่า 10 ต้น ตลอดช่วงการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2556 - 2558 เพื่อให้มีจำนวนข้อมูลเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ทางสถิติ ผลการคัดเลือกพบกล้าไม้จำนวน 11 ชนิด ได้แก่ ก่อเดือย ก่อใบเลื่อม นวลหว้าลิง หว้าหิน, อินทวา เต้าเลื่อม เมียดต้น เหมือดจี้ดง เชียด และเหมือดคนตัวผู้ ซึ่งนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดของกล้าไม้กับความเข้มแสงในขั้นตอนต่อไป

3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับการเกิดของกล้าไม้ ในพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอด และใต้เรือนยอด ด้วยสถิติ Spearman's rank correlation โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2025) โดยเลือกวิเคราะห์เฉพาะปัจจัยแวดล้อมที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างพื้นที่ ในที่นี้ใช้ปัจจัยความเข้มแสง เนื่องจากมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างพื้นที่ภายหลังการทดสอบ ขณะที่อุณหภูมิไม่พบความแตกต่างทางสถิติ จึงไม่ได้นำมาวิเคราะห์ในขั้นตอนนี้

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussion)

1. ปัจจัยแวดล้อมในพื้นที่ศึกษา

ผลการทดสอบความแตกต่างของปัจจัยแวดล้อมระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและพื้นที่ใต้เรือนยอด มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 อุณหภูมิ อุณหภูมิเฉลี่ยรายวันระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดในช่วงปี พ.ศ. 2556–2558 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.82$ และ $p = 0.50$ ตามลำดับ) โดยมีค่าใกล้เคียงกันที่ 19.64±2.45 และ 19.48±2.35 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิต่ำสุดพบในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2556 และสูงสุดในเดือนเมษายน พ.ศ. 2558 ในทั้งสองพื้นที่ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างช่วงฤดูฝน (พฤษภาคม – ตุลาคม) และช่วงฤดูแล้ง (พฤศจิกายน – เมษายน) ภายในพื้นที่เดียวกัน พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยรายวันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.0001$) กล่าวคือ ในช่วงฤดูแล้งของทั้งสองพื้นที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าช่วงฤดูฝน โดยบริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด

อุณหภูมิเฉลี่ยในช่วงฤดูแล้งเท่ากับ 19.14±3.35 และ18.93±3.21 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ส่วนช่วงฤดูฝนเท่ากับ 20.42±1.37 และ20.26± 1.33 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

อุณหภูมิบริเวณพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แม้ว่าบริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอดจะมีแนวโน้มอุณหภูมิเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย โดยทั่วไปแล้ว ช่องว่างระหว่างเรือนยอดสามารถทำให้สภาพภูมิอากาศระดับจุลภาค (Microclimate) ภายในป่าเปลี่ยนแปลงได้ เนื่องจากการเปิดของเรือนยอดทำให้รังสีดวงอาทิตย์ส่องถึงพื้นป่าเพิ่มขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิและความเข้มแสงในบริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอดสูงกว่าพื้นที่ใต้เรือนยอด (Asanok *et al*. 2017; De Frenne *et al*., 2021) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้แม้ช่องว่างระหว่างเรือนยอดจะมีขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่อุณหภูมิยังคงใกล้เคียงกับพื้นที่ใต้เรือนยอด อาจเนื่องจากในระหว่างช่วงที่ศึกษา พบว่า แม้ขนาดของช่องว่างระหว่างเรือนยอดจะไม่ได้เล็กลงอย่างเห็นได้ชัด แต่พบการฟื้นตัวของพรรณไม้ภายในช่องว่างระหว่างเรือนยอดโดยเฉพาะชนิดไม้เบิกนำที่เจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว ได้แก่ เต้าเลื่อม เมียดต้น เหมือดจี้ดง หว้าลิง และหว้าหิน รวมถึงชนิดไม้ดั้งเดิม เช่น ก่อใบเลื่อม และก่อเดือย สอดคล้องกับการศึกษาของ Stickley & Fraterrigo (2021) พบว่า การปกคลุมของพืชชั้นล่างมีส่วนช่วยลดอุณหภูมิบริเวณช่องว่างเรือนยอด โดยช่วยลดการสะสมความร้อนบริเวณพื้นป่า นอกจากนี้พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในป่าดิบเขาที่มีระดับความสูงมากกว่า 1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล ซึ่งโดยทั่วไปมีอุณหภูมิค่อนข้างต่ำและมีสภาพภูมิอากาศค่อนข้างหนาวเย็นตลอดทั้งปีรวมทั้งมีหมอกปกคลุม ส่งผลให้ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและพื้นที่ใต้เรือนยอดไม่เด่นชัดมากนัก สอดคล้องกับรายงานของ Lawton (1990) ที่กล่าวว่า ป่าที่ได้รับอิทธิพลของเมฆและหมอกอย่างต่อเนื่องทำให้สภาพแวดล้อมมีความชื้นสูงจึงส่งผลให้อุณหภูมิระหว่างบริเวณช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอดมีความแตกต่างกันน้อยมาก

1.2 ความเข้มแสง ความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันระหว่างพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด มีความแปรผันตลอดระยะเวลาศึกษาและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.001$) โดยพบว่าภายใต้พื้นที่ช่องว่างเรือนยอดมีค่าความเข้มแสงเฉลี่ยสูงกว่าใต้เรือนยอด (7,918±5131.044 และ 4,277.50±2353.76 ลักซ์ ตามลำดับ) ความเข้มแสงในพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอดมีค่าสูงสุดในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2556 และต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 28,193.94 และ 321.68 ลักซ์ ตามลำดับ ในขณะที่ภายใต้เรือนยอดมีความเข้มแสงเฉลี่ยรายวันสูงสุดอยู่ในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 และต่ำสุดในเดือนมกราคม พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 15,750.12 และ 282.90 ลักซ์ ตามลำดับ ความเข้มแสงมีแนวโน้มลดลงในปี พ.ศ. 2557 และ 2558 ทั้งภายใต้เรือนยอดและช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Figure 2) บริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอดมีค่าความเข้มแสงสูงกว่าพื้นที่ใต้เรือนยอดอย่างชัดเจน เนื่องจากการเปิดของเรือนยอดทำให้รังสีดวงอาทิตย์สามารถส่องผ่านลงสู่พื้นป่าได้มากขึ้น จึงมีความเข้มแสงสูงกว่าบริเวณที่มีเรือนยอดปก

คลุม และมีบทบาทสำคัญต่อสภาพแวดล้อมของการงอกและการเจริญเติบโตของพรรณไม้ (Brokaw, 1985; Montgomery & Chazdon, 2001) นอกจากนี้ แนวโน้มการลดลงของความเข้มแสงในช่วงปี พ.ศ. 2557–2558 อาจสะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างพรรณพืชภายในและบริเวณโดยรอบช่องว่างระหว่างเรือนยอด ซึ่งอาจส่งผลให้ปริมาณแสงที่ส่องถึงพื้นป่าลดลง

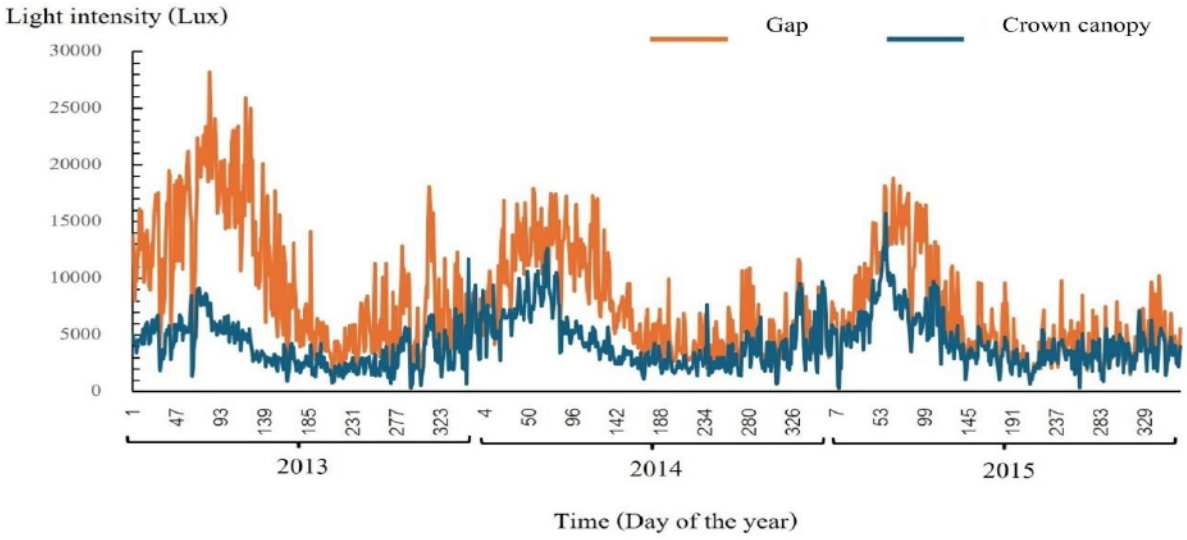

Figure 2 Daily mean light intensity (Lux) during 2013 – 2015 at lower montane forest permanent plot, Huai Kog Ma watershed, Chiang Mai province.

อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงขนาดช่องว่างระหว่างเรือนยอดหรือระดับการปกคลุมของเรือนยอดโดยตรง จึงไม่สามารถยืนยันได้ว่าการลดลงของความเข้มแสงเกิดจากกระบวนการปิดช่องว่างเรือนยอด (Gap closure) หรือการเติบโตของพรรณไม้ภายในช่องว่างโดยตรง ทั้งนี้ Asanok *et al*. (2017) รายงานว่าสังคมพืชที่เรือนยอดเปิดหรือขาดความต่อเนื่องบริเวณพื้นล่างป่าจะได้รับแสงสว่างมากกว่าป่าที่มีเรือนยอดปิด เนื่องจากเรือนยอดที่แน่นทึบบดบังแสงส่องจากดวงอาทิตย์ก่อให้เกิดร่มเงาบริเวณพื้นล่างป่ามากขึ้น

2. ความหลากหลายและความหนาแน่นกล้าไม้

ผลการศึกษาความหลากหลายกล้าไม้ระหว่างปี พ.ศ. 2555 – 2558 พบกล้าไม้จำนวน 105 ชนิด 80 สกุล 48 วงศ์ มีความหนาแน่นกล้าไม้ทั้งหมด 293,222 ต้นต่อเฮกแตร์โดยพบกล้าไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) และวงศ์อบเชย (Lauraceae) มากที่สุด คือ วงศ์ละ 10 ชนิด รองลงมา คือ วงศ์เปล้า (Euphorbiaceae) และวงศ์ส้ม (Rutaceae) วงศ์ละ 7 ชนิด (Figure 3) เมื่อพิจารณาแยกแต่ละพื้นที่ พบว่าพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอด มีจำนวนชนิดไม้สูงกว่าพื้นที่ใต้เรือนยอด พบกล้าไม้ 77 ชนิด 62 สกุล 39 วงศ์ โดยกล้าก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) มีความหนาแน่นมากสุด (210,000 ต้นต่อเฮกแตร์) รองลงมาคือ หว้าลิง (*Syzygium tetragonum*) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) เมียดต้น (*Litsea martabarnica*) เหมือดจี้ดง (*Memecylon plebejum*) เชียด (*Cinnamomum iners*) เต้าเลื่อม (*Macaranga indica*) อินทวา (*Persea gamblei*) เหมือดคนตัวผู้ (*Helicia nilagirica*) และนวล (*Garcinia merguensis*) มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ

9,556, 6,222, 5,556, 2,889, 2,222, 2,222, 2,222, 1,778 และ 1,556 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ใต้เรือนยอด พบกล้าไม้ 70 ชนิด 53 สกุล 36 วงศ์ กล้าไม้ก่อเดือย มีความหนาแน่นมากที่สุด (136,444 ต้นต่อเฮกแตร์) รองลงมาคือ มะมือ (*Choerospondias axillaris*) หว้าลิง เมี่ยงผี (*Pyrenaria diospyricarpa*) หว้าหิน (*Syzugium pyrifolium*) ก่อใบเลื่อม นวล เมียดต้น อินทวา และเหมือดคนตัวผู้ มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 15,111, 14,000, 9,778, 8,889, 6,667, 6,000, 4,889, 2,222 และ 2,000 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

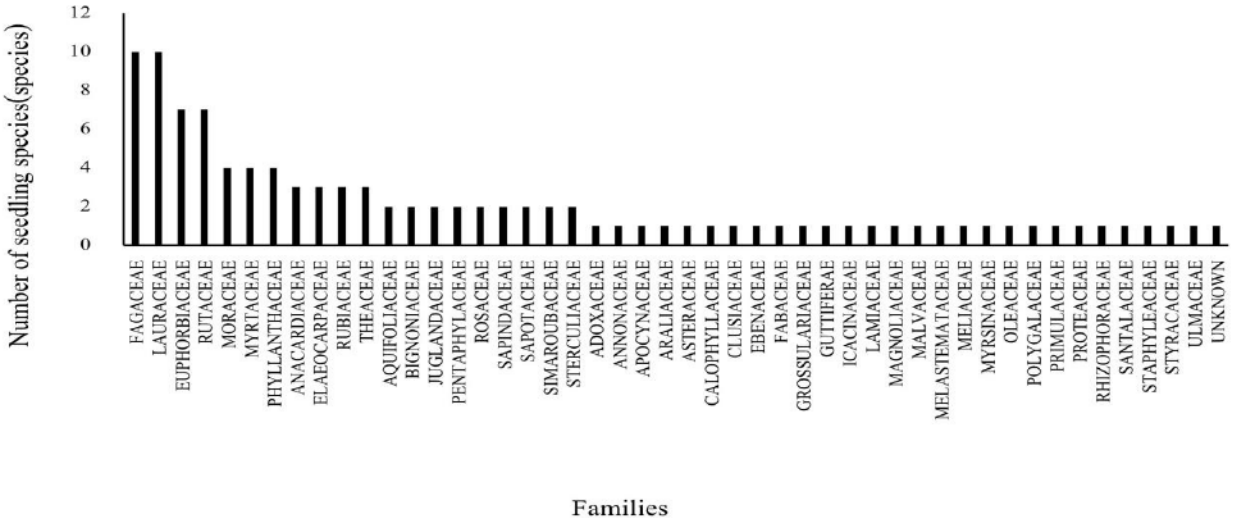

Figure 3 Number of seedling species in lower montane forest permanent plot, Huai Kog Ma watershed.

การพบชนิดกล้าไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) และวงศ์อบเชย (Lauraceae) มากทั้งพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอดและพื้นที่ใต้เรือนยอด เนื่องจากเป็นวงศ์ที่สำคัญและเป็นวงศ์เด่นของป่าดิบเขาในประเทศไทย (Santisuk, 1988; Rueangruea, 2009; Lumsonjitt *et al*., 2021; Marod *et al*., 2022) ซึ่งในพื้นที่ศึกษามีรายงานของ Marod *et al*. (2022) ระบุว่า ก่อเดือย มีค่าดัชนีความสำคัญสูงที่สุด ขณะที่ความหนาแน่นของต้นไม้และพื้นที่หน้าตัดไม้ ในวงศ์ Fagaceae มีค่าสูงที่สุด (186.31 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 9.69 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ) ส่วนไม้ในวงศ์ Lauraceae มีความหนาแน่น และพื้นที่หน้าตัด รองลงมา (92.69 ต้นต่อเฮกแตร์ และ 4.11 ตารางเมตรต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ) ในพื้นที่จึงมีแม่ไม้ทั้งสองวงศ์ผลิตเมล็ดเป็นจำนวนมาก

2. อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้

ผลการศึกษาพบว่า การเกิดของกล้าไม้มีความผันแปรระหว่างช่วงเวลา โดยในปีแรกพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอดมีความหนาแน่นของกล้าไม้ 669.83 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (พื้นที่แปลงศึกษา) สูงกว่าพื้นที่ใต้เรือนยอด ซึ่งมีความหนาแน่นเฉลี่ยของกล้าไม้ 604.50 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร ขณะที่ในปีที่สองมีแนวโน้มในทิศทางตรงกันข้าม โดยความหนาแน่นของกล้าไม้ใต้เรือนยอดมีค่าใกล้เคียงหรือสูงกว่าในบางช่วงเวลา (ความหนาแน่นเฉลี่ยกล้าไม้ มีค่าเท่ากับ 999.83 และ 949 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร ตามลำดับ) ในภาพรวมความหนาแน่นกล้าไม้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดช่วงการศึกษา (Figure 4)

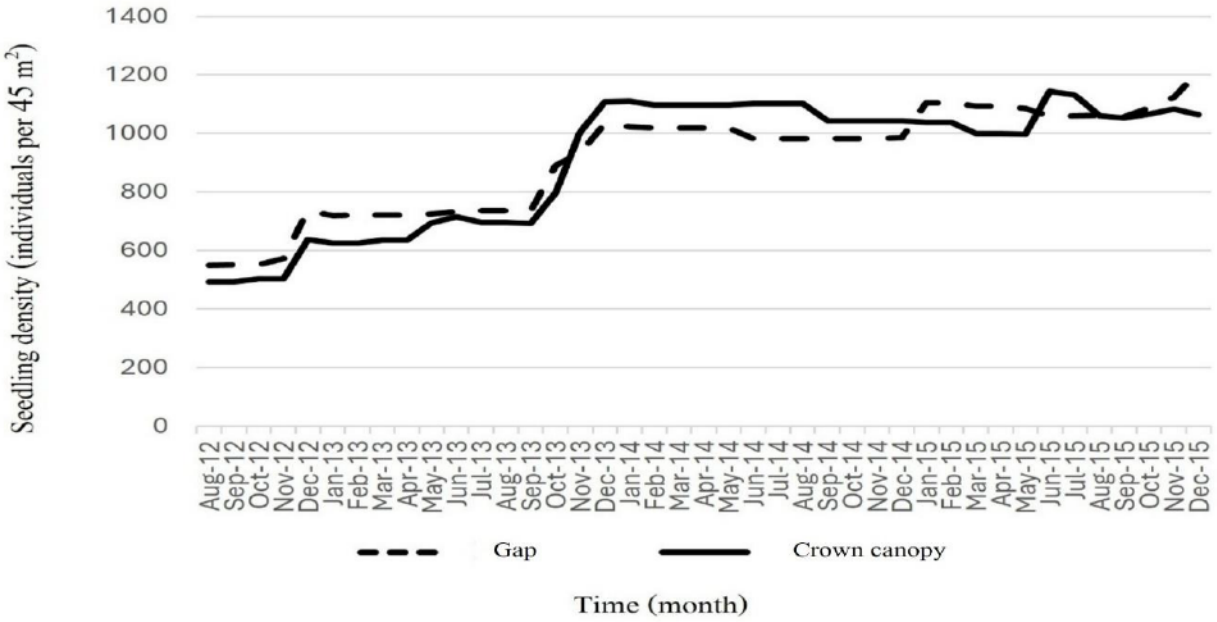

Figure 4 Seedling density during 2012–2015 in lower montane forest permanent plot, Huai Kog Ma watershed.

ความผันแปรของการเกิดกล้าไม้ สะท้อนถึงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเรือนยอดในพื้นที่ศึกษา โดยการล้มตายของไม้ใหญ่บางส่วนทำให้พื้นที่ใต้เรือนยอดเดิมกลายเป็นพื้นที่เปิดโล่ง ในการศึกษาครั้งนี้พบพื้นที่เปิดโล่งหรือพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอดมีขนาดพื้นที่เฉลี่ย 700±269.26 ตารางเมตร ส่งผลให้ปริมาณแสงเพิ่มขึ้นและเอื้อต่อการงอกและการตั้งตัวของกล้าไม้ กลไกดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดพลวัตของช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Gap dynamics) ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการฟื้นตัวและการทดแทนของพรรณไม้ในป่าธรรมชาติ (Denslow, 1987; Whitmore, 1989; Xue *et al*., 2023) ทั้งนี้การเกิดช่องว่างเรือนยอดจัดเป็นการรบกวนตามธรรมชาติที่เกิดขึ้นเพียงชั่วคราว และสามารถฟื้นตัวได้เมื่อพรรณไม้โดยรอบและไม้รุ่นใหม่เจริญเติบโตเข้ามาปกคลุมพื้นที่เปิดโล่ง ส่งผลให้สภาพแวดล้อมภายในป่าค่อย ๆ กลับเข้าสู่สภาวะเดิม จากการศึกษาพบว่ากล้าไม้บางชนิด เช่น ก่อเดือย ก่อใบเลื่อม เมียดต้น และนวล สามารถพบได้ทั้งพื้นที่ใต้เรือนยอดและช่องว่างเรือนยอด สอดคล้องรายงานของ Asanok *et al*. (2012) ที่ระบุว่า ก่อเดือย ถูกจัดเป็นชนิดไม้ทั่วไป (Generalist species) พบได้ทั้งในป่าปฐมภูมิ ป่าทุติยภูมิ และพื้นที่เปิดโล่ง แสดงถึงการมีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยา (Ecological amplitude) ที่กว้าง ส่วนก่อใบเลื่อมเป็นชนิดไม้กึ่งเบิกนำ (late pioneer species) ที่ต้องการแสงระดับปานกลาง ในขณะที่เมียดต้น มีศักยภาพสูงในการแพร่กระจายและเข้ายึดครองพื้นที่รบกวนได้เร็ว จึงสามารถตั้งตัวได้ดีมากในพื้นที่เปิดโล่ง ดังนั้นชนิดไม้เหล่านี้ตั้งตัวสำเร็จในทั้งสองพื้นที่เป็นเพราะความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพปัจจัยแวดล้อมระดับจุลภาคที่แปรปรวนตามขอบป่าได้อย่างดีนั้นเอง

เมื่อพิจารณาการเกิดและตายของกล้าไม้ร่วมกับช่วงเวลาและฤดูกาล (Figure 5) พบว่าการมีความผันแปรตามช่วงเวลา โดยการเกิดของกล้า

ไม้มีจำนวนสูงกว่าการตายของกล้าไม้ในหลายช่วงเวลาทั้งในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและพื้นที่ใต้เรือนยอด ในพื้นที่ช่องว่างระหว่างเรือนยอด (Figure 5A) พบการเกิดของกล้าไม้สูงสุด 191 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (ธันวาคม พ.ศ. 2555) รองลงมา 160 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (ตุลาคม พ.ศ. 2556) และ 136 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (มกราคม พ.ศ. 2558) สำหรับการตายของกล้าไม้พบสูงสุด 71 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (พฤศจิกายน พ.ศ. 2556)

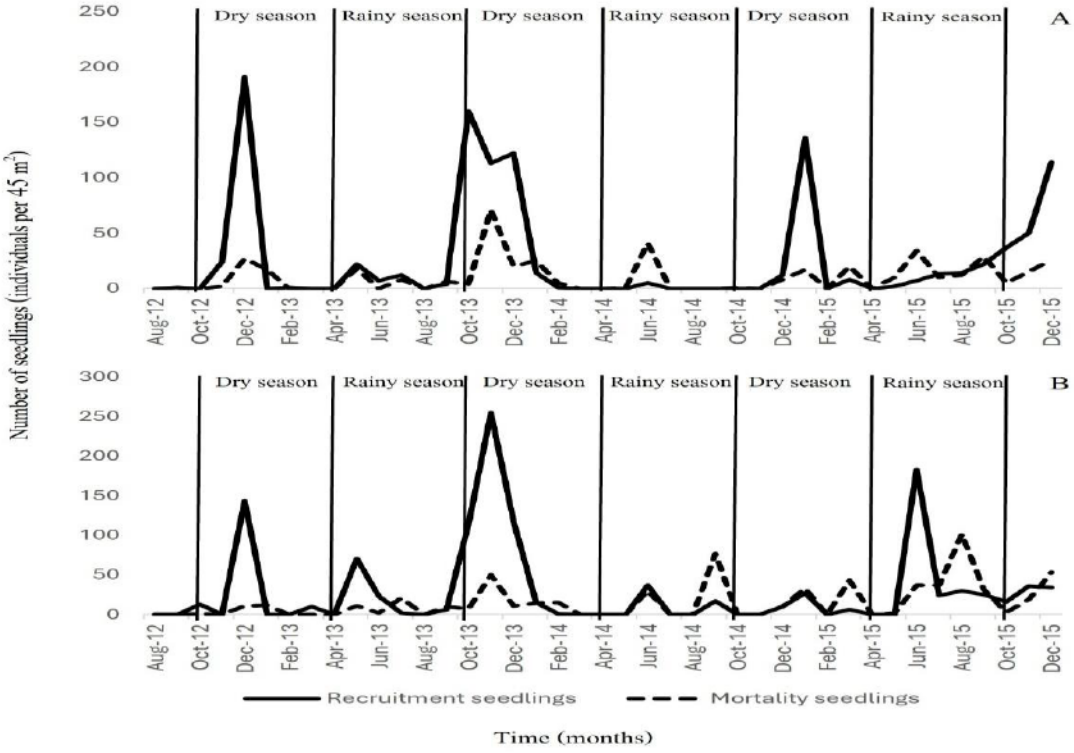

Figure 5 Number of seedling recruitment and mortality in A) gap canopy and B) crown canopy, respectively.

สำหรับพื้นที่ใต้เรือนยอด (Figure 5B) พบการเกิดของกล้าไม้สูงสุด 255 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (พฤศจิกายน พ.ศ. 2556) รองลงมา 183 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (มิถุนายน พ.ศ. 2558) และ 144 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (ธันวาคม พ.ศ. 2555) ขณะที่การตายของกล้าไม้มีค่าสูงสุดประมาณ 101 ต้นต่อพื้นที่ 45 ตารางเมตร (สิงหาคม พ.ศ. 2558) ในภาพรวมการเกิดของกล้าไม้มักเพิ่มสูงขึ้นในช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูแล้ง ขณะที่การตายเกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ และมีค่าน้อยกว่าการเกิดของกล้าไม้ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา

กล้าไม้ชนิดที่มีการเกิดใหม่ทั้งฤดูแล้งและฤดูฝน คือ ก่อใบเลื่อม เนื่องจากแม่ไม้มีการออกดอกและติดผล 2 ช่วงฤดูกาล ในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และ มกราคม (Rueangket, 2016) นอกจากนี้ พลวัตกล้าไม้ในปี พ.ศ. 2558 พบว่ากล้าไม้ในกลุ่มไม้ผลัดใบ เช่น มะมือ มีกล้าไม้งอกเป็นจำนวนมาก แต่ไม่สามารถตั้งตัวได้ ส่งผลให้มีการตายเป็นจำนวนมากในเดือนถัดมา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Marod *et al*. (2002) ที่รายงานว่าการงอกของกล้าไม้ในป่าธรรมชาติเกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ ตามฤดูกาลของการผลิตเมล็ด และมีอัตราการตายสูงในระยะเริ่มต้นของการเติบโต โดยเฉพาะในฤดูแล้ง

เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ตลอดระยะเวลา 3 ปี (พ.ศ. 2555 –

พ.ศ. 2558) พบว่า อัตราการเกิดของกล้าไม้เฉลี่ยรายปีมีค่าสูงกว่าอัตราการตายเฉลี่ยรายปีทั้งในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด (ร้อยละ 2.50±2.06 และ 1.18±0.44 ต่อปี ตามลำดับ) และพื้นที่ใต้เรือนยอด (ร้อยละ 3.12±2.64 และ 1.80±0.92 ต่อปี ตามลำดับ) โดยเฉพาะก่อเดือยและก่อใบเลื่อม เนื่องจากเมล็ดสามารถงอกได้ภายใต้เรือนยอดของแม่ไม้ ส่งผลให้กล้าไม้มีการเกิดใหม่ได้ทั้งปี แต่เมื่อเข้าสู่ช่วงฤดูแล้งมีอัตราการตายเพิ่มขึ้น โดยก่อเดือยมีอัตราการเกิดและการตายร้อยละ 3.40 และ 1.71 ต่อปี ตามลำดับ ส่วนก่อใบเลื่อมมีค่าร้อยละ 2.81 และ 1.32 ต่อปี ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ที่มีจำนวนต้นมากกว่า 10 ต้น ระหว่างปี พ.ศ. 2556 - 2558 ทั้งหมด 11 ชนิด คือ ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) หว้าลิง (*Syzygium tetragonum*) หว้าหิน (*Syzygium tetragonum*) นวล (*Garcinia merguensis*) อินทวา (*Persea gamblei*) เต้าเลื่อม (*Macaranga indica*) เมียดต้น (*Litsea martabarnica*) เหมือดจี้ดง (*Memecylon plebejum*) เชียด (*Cinnamomum iners*) และเหมือดคนตัวผู้ (*Helicia nilagirica*) (Table 2) พบว่ากล้าไม้มีอัตราการเกิดในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดสูงกว่าใต้เรือนยอด แต่มีอัตราการตายในทิศทางตรงกันข้าม คือ ก่อใบเลื่อม เชียด เหมือดจี้ดง หว้าลิง และหว้าหิน ส่วนกล้าไม้ที่มีอัตราการเกิดใต้พื้นที่เรือนยอดสูงกว่าช่องว่างเรือนยอด แต่มีอัตราการตายในทิศทางตรงกันข้าม คือ นวล เต้าเลื่อม ก่อเดือย เมียดต้น อินทวา และเหมือดคนตัวผู้

Table 2 Recruitment rate and mortality rate of dominant seedlings in gap and crown canopy during 2013 – 2015

Botanical Name	Family	Gap		Crown canopy	
		Recruitment rate (%.yr^{-1})	Mortality rate (%.yr^{-1})	Recruitment rate (%.yr^{-1})	Mortality rate (%.yr^{-1})
Macaranga indica	Euphorbiaceae	1.64	2.21	5.78	0.00
Castanopsis acuminatissima	Fagaceae	2.62	1.08	3.40	1.71
Castanopsis tribuloides	Fagaceae	5.58	1.47	2.81	1.32
Garcinia merguensis	Guttiferae	1.87	0.93	4.53	1.23
Cinnamomum iners	Lauraceae	1.81	1.84	0.00	0.00
Litsea martabanica	Lauraceae	2.57	1.62	3.23	1.12
Persea Gamblei	Lauraceae	1.32	0.70	1.85	1.55
Memecylon plebejum	Melastomataceae	1.23	0.84	0.62	0.00
Syzygium tetragonum	Myrtaceae	3.50	0.38	1.42	0.74
Syzygium claviflorum.	Myrtaceae	2.24	1.31	0.89	1.59
Helicia nilagirica	Proteaceae	1.13	1.75	1.28	1.36
Average		2.50	1.18	3.12	1.80

ผลการศึกษาพบว่าเต้าเลื่อมมีอัตราการเกิดในพื้นที่ใต้เรือนยอด (5.78% yr^{-1}) สูงกว่าพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด (1.64% yr^{-1}) ขณะที่อัตราการตายในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด (2.21% yr^{-1}) สูงกว่า

พื้นที่ใต้เรือนยอด ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะทั่วไปของไม้เบิกนำที่มักตอบสนองต่อสภาพแสงสูง ทั้งนี้อาจสะท้อนว่าการเกิดและการรอดตายของกล้าไม้ในพื้นที่ศึกษาถูกกำหนดโดยหลายปัจจัยร่วมกัน นอกเหนือจากความเข้มแสง เช่น ความชื้นในดิน การแข่งขันกับพืชชนิดอื่น หรือสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่ นอกจากนี้ การตอบสนองของกล้าไม้ต่อสภาพแสงอาจแตกต่างกันตามระยะการเติบโตและสภาพแวดล้อมเฉพาะของป่าดิบเขา จึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่ออธิบายกลไกที่มีผลต่อการเกิดและการรอดตายของเต้าเลื่อมในพื้นที่ดังกล่าว

ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ทั้ง 11 ชนิด ในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและ ใต้เรือนยอด พบว่าในทุกชนิดกล้าไม้ ความสัมพันธ์ดังกล่าวไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ทั้งสองพื้นที่ (Table 3) แต่กล้าไม้บางชนิดมีแนวโน้มความสัมพันธ์ในเชิงลบระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิด คือ ก่อใบเลื่อม ก่อเดือย และหว้าลิง แสดงให้เห็นว่ากล้าไม้กลุ่มนี้มีแนวโน้มชอบพื้นที่มีความเข้มแสงต่ำ หรือบริเวณใต้เรือนยอด ในขณะที่ เต้าเลื่อมและเหมือดจี้ดง ชอบพื้นที่มีความเข้มแสงสูง หรือบริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอด นอกจากนี้ยังพบกล้าไม้บางชนิดไม่สามารถคำนวณค่าสหสัมพันธ์ภายใต้พื้นที่เรือนยอดได้ (แสดงค่าเป็น NA) เนื่องจาก ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอัตราการเกิดและการตายในช่วงเวลาที่ศึกษา ส่งผลให้ไม่มีความแปรปรวนเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

Table 3 Spearman's rank correlation coefficients (r,) between light intensity and seedling recruitment and mortality under gap and crown canopies.

Species	Gap				Crown canopy			
	Recruitment (r,)	p-value	Mortality (r,)	p-value	Recruitment (r,)	p-value	Mortality (r,)	p-value
Castanopsis acuminatissima	-0.231	0.176	-0.068	0.690	-0.066	0.702	-0.191	0.264
Castanopsis tribuloides	-0.099	0.563	-0.126	0.465	-0.013	0.937	-0.083	0.630
Cinnamomum iners	-0.146	0.396	-0.200	0.242	NA	NA	NA	NA
Garcinia merguensis	-0.135	0.431	0.140	0.416	0.104	0.548	-0.0205	0.905
Helicia nilagirica	-0.102	0.554	0.210	0.219	-0.044	0.796	0.061	0.723
Litsea martabanica (	-0.027	0.873	0.012	0.945	-0.092	0.590	0.172	0.315
Macaranga indica	0.156	0.365	-0.109	0.526	-0.106	0.539	NA	NA
Memecylon plebejum	0.106	0.537	0.022	0.896	-0.171	0.319	NA	NA
Persea Gamblei	-0.049	0.775	0.106	0.539	-0.083	0.627	-0.081	0.635
Syzygium claviflorum	0.049	0.777	0.011	0.950	-0.212	0.215	-0.096	0.577
Syzygium tetragonum	-0.209	0.221	0.315	0.061	-0.104	0.548	-0.031	0.854

Remark: NA indicates that the correlation could not be computed due to lack of variation in the data.

กล้าไม้ที่มีการงอกและเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความเข้มแสงมาก เช่น บริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอด มักเป็นชนิดเบิกนำ (Pioneer species) ส่วนกล้าไม้ที่สามารถงอกและ

เจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ที่มีความเข้มแสงน้อยภายใต้เรือนยอด มักเป็นกลุ่มชนิดไม้ทนร่ม (Shade-tolerant species) ส่วนใหญ่เป็นชนิดไม้ท้องถิ่น (Native species) (Marod, 2012) ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า เต้าเลื่อม และเหมือดจี้ดง มีลักษณะที่มีแนวโน้มเป็นไม้เบิกนำ สอดคล้องกับรายงานของ Elliott *et al*. (2013) ที่กล่าวว่าไม้ในสกุล *Macaranga* เป็นไม้เบิกนำและแนะนำให้นำไปใช้ในการฟื้นฟูป่าโดยเฉพาะพื้นที่ป่าดิบเขา ขณะที่ ก่อเดือย ก่อใบเลื่อม และหว้าลิง เป็นกล้าไม้ที่มีแนวโน้มเป็นไม้ทนร่ม อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาที่พบว่า ไม้วงศ์ก่อในสกุล *Castanopsis* สามารถงอกและตั้งตัวได้ทั้งในสภาพแสงต่ำและสภาพแสงที่เพิ่มขึ้นปานกลาง บริเวณช่องว่างระหว่างเรือนยอด สะท้อนถึงลักษณะทางนิเวศที่พบบ่อยในไม้เด่นของป่าดิบเขตร้อนที่จัดอยู่ในกลุ่มไม้ทนร่มแต่สามารถตอบสนองต่อช่องว่างของเรือนยอดได้ดี (Whitmore, 1989; Du *et al*., 2007; Xue *et al*., 2023; Witno *et al*., 2024) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้ ส่วนชนิดไม้เชียด พบการเกิดของกล้าไม้เฉพาะในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด อาจสะท้อนว่าการงอกและการตั้งตัวของกล้าไม้ชนิดนี้ต้องการสภาพแสงที่ค่อนข้างสูง สอดคล้องกับรายงานของ Vandekerkhove *et al*. (1993) อย่างไรก็ตาม การที่ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ แสดงให้เห็นว่าพลวัตกล้าไม้ในป่าดิบเขา อาจไม่ได้ถูกกำหนดโดยปัจจัยแสงเพียงอย่างเดียว สอดคล้องกับการศึกษาของ Sri-Ngernyuang *et al*. (2003) และ Noguchi *et al*. (2007) ที่รายงานว่าการกระจายตัวของพรรณไม้ในป่าดิบเขามีความสัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมในระดับจุลภาคและลักษณะภูมิประเทศ ดังนั้น การเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดอาจเป็นเพียงหนึ่งในหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการงอกเมล็ด การตั้งตัว และการรอดตายของกล้าไม้ในกระบวนสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ

สรุป (Conclusion)

ความหลากชนิดของกล้าไม้ในพื้นที่ศึกษา พบทั้งหมด 105 ชนิด 80 สกุล 48 วงศ์ ส่วนใหญ่เป็นกล้าไม้ในวงศ์ก่อ (Fagaceae) และวงศ์อบเชย (Lauraceae) ยพบชนิดกล้าไม้ในพื้นที่ใต้ช่องว่างเรือนยอดสูงกว่าใต้เรือนยอด โดยในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอด พบ 77 ชนิด 62 สกุล 39 วงศ์ ส่วนพื้นที่ใต้เรือนยอด พบ 70 ชนิด 53 สกุล 36 วงศ์ ทั้งสองพื้นที่มีความหนาแน่นของกล้าก่อเดือยมากที่สุด (210,000 และ 136,444 ต้นต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ) อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ทั้งในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด มีความผันแปรตามช่วงเวลาและฤดูกาลด้วย ช่วงปลายฤดูฝนถึงต้นฤดูแล้งพบการเกิดของกล้าไม้สูงที่สุด ขณะที่การตายของกล้าไม้เกิดขึ้นเป็นช่วง ๆ อย่างไรก็ตามมีอัตราตายน้อยกว่าการเกิดตลอดการศึกษา ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับอัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ ตัวอย่าง (จำนวน 11 ชนิด) พบว่าไม่มีนัยสำคัญทางสถิติของความสัมพันธ์ในระดับกล้าไม้ทุกชนิดทั้งในพื้นที่ช่องว่างเรือนยอดและใต้เรือนยอด อย่างไรก็ตาม สามารถจำแนกได้ว่าก่อเดือย ก่อใบเลื่อม และหว้าลิง มีแนวโน้มเป็นชนิดพืชที่ชอบความเข้มแสงน้อย ส่วนเต้าเลื่อมและเหมือดจี้ดง เป็นชนิดพืชที่ต้องการแสงมาก

ดังนั้น ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่า อัตราการเกิดและการตายของกล้าไม้ แสดงถึงความแตกต่างของลักษณะทางนิเวศและความต้องการแสงของพรรณไม้แต่ละชนิด โดยการเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอดมีบทบาทสูงต่อกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้ในระบบนิเวศป่าดิบเขา

เอกสารอ้างอิง (References)

Asanok, L., D. Marod, A. Pattanavibool, T. Nakashizuka. 2012. Colonization of tree species along an interior-exterior gradient across the forest edge in a tropical montane forest, northwest Thailand. **Tropics** 21(3): 67-80. https://doi.org/10.3759/tropics.21.67

Asanok, L., J. Kotkangphlu, S. Rodkongrai, D. Janduang, P. Ketdee & M. Kamsuk. 2017. The influencing of canopy gap and conspecific adult tree determined the characteristic of dominant species in Ban Se Pa La freshwater swamp forest, Umphang district, Tak province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 1(1): 19-26 (in Thai).

Brokaw, N. V. L. 1985. Gap-phase regeneration in a tropical forest. **Ecology** 66(3): 682-687. https://doi.org/10.2307/1940529

De Frenne, P., J. Lenoir, M. Luoto, B. R. Scheffers, F, Zellweger, J. Aalto, M. B. Ashcroft, D. M. Christiansen, G. Decocq, K. De Pauw, S. Govaert, C. Greiser, E. Gril, A. Hampe, T.Jucker, D. H. Klinges, I. A. Koelemeijer, J. J. Lembrechts, R. Marrec, C. Meeussen, J. Ogée, J. Tyystjärvi, P. Vangansbeke & K. Hylander. 2021. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. **Global Change Biology** 27: 2279-2297. https://doi.org/10.1111/gcb.15569

Denslow, J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 18: 431-451. https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002243

Du, X., Q. Guo, X. Gao & K. Ma. 2007. Seed rain, soil seed bank, seed loss and regeneration of *Castanopsis fargesii* (Fagaceae) in a subtropical evergreen broad-leaved forest. **Forest Ecology and Management** 238(2007): 212-219. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.018

Elliott, S. D., D. Blakesley & K. Hardwick. 2013. **Restoring Tropical Forest: a practical guide.** Royal Botanic Gardens, Kew.

Glomvinya, S., C. Tantasirin, P. Tongdeenok & N. Tanaka. 2016. Changes in rainfall characteristics at Huai Kog-ma Watershed, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry** 35: 66-77. (in Thai)

Lawton, R. O. 1990. Canopy gaps and light penetration into a wind-exposed tropical lower montane rain forest. **Canadian Journal of Forest Research** 20: 659-667. https://doi.org/10.1139/x90-088

Lieberman, D. & M. Lieberman. 1987. Forest tree growth and dynamics at La Selva, Costa Rica (1969-1982). **Journal of Tropical Ecology** 3: 347-358. https://doi.org/10.2307/2261127

Liu, J. 2025. Progress in research on the effects of environmental factors on natural forest regeneration. **Frontiers in Forests and Global Change** 8: 1525461. https://doi.org/10.3389/ffgc.2025.1525461

Lumsonjitt, K., S. Khamyong, N. Anongrak & P. Kachina. 2021. Species diversity, quantitative features and forest condition in montane forest at Doi Suthep-Pui national park, Chiang Mai province. **KKU Science Journal** 49(4): 324-335. (in Thai)

Noguchi, H., A. Itoh, T. Mizuno, K. Sri-ngernyuang, M. Kanzaki, S. Teejuntuk, W. Sungpalee, M. Hara, T. Ohkubo, P. Sahunalu, P. Dhammanonda & T. Yamakura. 2007. Habitat divergence in sympatric Fagaceae tree species of a tropical montane forest in norther Thailand. **Journal of Tropical Ecology** 23: 549-558. https://doi.org/10.1017/S0266467407004403

Marod, D. 2012. **Applied Forest Ecology.** Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)

Marod, D. & U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology.** Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Marod, D., U. Kutintara, H. Tanaka & 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. https://doi.org/10.1023/A:1020372401313

Marod, D., S. Thinkampheang, W. Phumpuang, A. Yarnvudhi, J. Thongsawi, P. Kachina, T. Nakashizuka, H. Kurokawa & S. Heumhuk. 2025. Relationship between climate changes and forest dynamics along altitudinal gradients at Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand. **Forests** 16(1). https://doi.org/10.3390/f16010114

Marod, D., P. Duengkae, S. Sangkaew, P. Racharak, W. Suksavate, S. Uthairatsamee, L. Asanok, T. Kamyo, S. Thinkampheang, S. Heumhuk, P. Kachina, J. Thongsawi, W. Phumpuang, P. Paansri, W. Nuipakdee, P. Nakmuenwai & S. Pattanakiat. 2022. Population structure and spatial distribution of tree species in lower montane forest, Doi Suthep-Pui national park, northern Thailand. **Environment and Natural Resources Journal** 20(6): 644-663. https://doi.org/10.32526/ennrj/20/202100168

Montgomery, R. A. & R. L. Chazdon. 2001. Forest structure, canopy architecture, and light transmittance in tropical wet forests. **Ecology** 82(10): 2707-2718. https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[2707:FSCAAL]2.0.CO;2

R Core Team. 2025. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Available source: http://www.R-project.org. (Accessed: April 10, 2025)

Ruangpanit, N. 2005. **Forest and forestry in Thailand.** Academic promotion centre publishing house, Bangkok. (in Thai)

Rueangket, A. 2016. **Interaction between plant phenology of lower montane evergreen forest and herbivores at Doi Suthep-Pui**

national park, Chiang Mai province. M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Rueangket, A., S. Siri, Y. Ponpituk, S. Thinkampheang & P. Duengkae. 2025. Relationship between fruiting phenology and climatic factors in lower montane forest at Doi Suthep–Pui National Park, Chiang Mai Province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 9(2): 157-172. https://doi.org/10.34044/tferj.2025.9.2.6304

Rueangruea, S. 2009. **Vegetation structure of montane forests in Thailand.** M.S. Thesis, Kasetsart University. Bangkok, Thailand. (in Thai)

Santisuk, T. 1988. **An Account of the Vegetation of Northern Thailand.** Royal Forest Department, Bangkok.

Sri-Ngernyuang, K., M. Kanzaki, T. Mizuno, H. Noguchi, S. Teejuntuk, C. Sungpalee, M. Hara, T. Yamakura, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda & S. Bunyavejchewin. 2003. Habitat differentiation of Lauraceae species in a tropical lower montane forest in northern Thailand. **Ecological Research** 18: 1-14. https://doi.org/10.1046/j.1440-1703.2003.00539.x

Stickley, S.F. & J. M. Fraterrigo. 2021. Understory vegetation contributes to microclimatic buffering of near-surface temperatures in temperate deciduous forests. **Landscape Ecology** 36: 1197-1213. https://doi.org/10.1007/s10980-021-01195-w

Swaine, M. D. & T. C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation** 75: 81-86. https://doi.org/10.2307/2265545

Thinkampheang, S., T. Nakashizuka, W. Suksavate, P. Kachina, S. Hermhuk, L. Asanok, W. Phumphuang, B. Chouibumroong, J. Wu, H. Kurokawa & D. Marod. 2024. Impacts of climate change on forest restoration dynamics in the lower montane forest of Doi Suthep-Pui National Park, Northern Thailand. **Biodiversitas** 25: 4829-4845. https://doi.org/10.13057/biodiv/d251219

Vandekerkhove, K., R. De Wulf & N. N. Chinh. 1993. Dendrological composition and forest structure in Nam Bai Cat Tien national park, Vietnam. **Silva Gandavensis** 58: 41-84.

Whitmore, T. C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. **Ecology** 70(3): 536-538. https://doi.org/10.2307/2260477

Witno, H. A. K., A. Prabowo & A. U. B. Putri. 2024. The generation potential of Kasa (*Castanopsis acuminatissima* Blume) in Kalaena nature reserve, East Luwu Regency. **Media Konservasi** 29(4): 557-568. https://doi.org/10.29244/medkon.29.4.557

Xue, G., J. Wu, B. Zhou, X. Zhu, J. Zeng, Y. Ma, Y. Wang & H. Jia. 2023. Effects of shading on the growth and photosynthetic fluorescence characteristics of Castanopsis hystrix seedlings of top community-building species in southern subtropical China. **Forests** 14(1659). https://doi.org/10.3390/f14081659