

ĐẶC ĐIỂM CẤU TRÚC VÀ SINH KHỐI TRÊN MẶT ĐẤT CỦA CÁC TRẠNG THÁI RỪNG TỰ NHIÊN TẠI BAN QUẢN LÝ RỪNG PHÒNG HỘ LA NGÀ, TỈNH LÂM ĐỒNG

Nguyễn Trọng Nam¹, Phùng Văn Khen¹, Phùng Văn Tinh², Phùng Văn Khang¹,
Phạm Văn Định¹, Hoàng Trung Phong¹

¹*Viện Khoa học Lâm nghiệp Nam Bộ*

²*Trung tâm Nghiên cứu thực nghiệm Lâm nghiệp Đông Nam Bộ*

TÓM TẮT

Nghiên cứu cấu trúc và sinh khối rừng cung cấp cơ sở khoa học cho đánh giá chức năng sinh thái và quản lý bền vững các quần xã thực vật rừng. Nghiên cứu sử dụng dữ liệu điều tra 102 ô mẫu (500 m²) và 408 ô dạng bản (25 m²) để đánh giá cấu trúc và sinh khối trên mặt đất của các trạng thái rừng tự nhiên lá rộng thường xanh và hỗn giao gỗ - tre nứa tại Ban Quản lý Rừng phòng hộ La Ngà, tỉnh Lâm Đồng. Kết quả nghiên cứu cho thấy, mật độ bình quân tầng cây cao từ 522 cây/ha ở trạng thái rừng hỗn giao (HG) đến 836 cây/ha ở trạng thái rừng giàu (TXG), với số loài có IVI > 5% dao động từ 3 đến 7 ở mỗi trạng thái rừng. Phân bố số cây theo đường kính, chiều cao phù hợp với phân bố Meyer và Weibull ở HG. Mật độ cây tái sinh từ 3.740 cây/ha (TXG) đến 4.324 cây/ha tại trạng thái rừng nghèo (TXN). Chất lượng cây tái sinh ở mức trung bình, tỷ lệ cây tái sinh có triển vọng nhỏ hơn 35%. Sinh khối khác nhau rõ rệt giữa các trạng thái rừng, cao nhất là TXG với 201,0 (tấn/ha) và thấp nhất là TXN với 75,1 (tấn/ha). Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho quản lý rừng bền vững và định hướng phục hồi các trạng thái rừng tại khu vực nghiên cứu, trong đó nhấn mạnh rằng việc bảo tồn và duy trì nhóm cây có đường kính lớn trong lâm phần giữ vai trò then chốt đối với khả năng tích lũy sinh khối và lưu trữ carbon.

Từ khóa: Carbon rừng, cấu trúc, rừng tự nhiên, sinh khối, tỉnh Lâm Đồng.

STAND STRUCTURE AND ABOVE-GROUND BIOMASS OF NATURAL FORESTS IN LA NGA PROTECTION FOREST MANAGEMENT BOARD, LAM DONG PROVINCE

Nguyen Trong Nam¹, Phung Van Khen¹, Phung Van Tinh²,
Phung Van Khang¹, Pham Van Dinh¹, Hoang Trung Phong¹

¹*Forest Science Institute of South Vietnam*

²*South Eastern Forest Research and Experimental Center*

ABSTRACT

Research on the structure and biomass of natural forests provides an essential scientific basis for assessing ecological functions and supporting sustainable forest management. This study utilized data from 102 sample plots (500 m²) and 408 subplots (25 m²) to evaluate the stand structure and above – ground biomass (AGB) of evergreen broadleaf forests and woody - bamboo mixed forests in La Nga Protection Forest Management Board, Lam Dong province. Results showed that the mean stem density of the overstorey varied across forest types, ranging from 522 trees/ha in woody – bamboo mixed forests (HG) to 836 trees/ha in rich forests (TXG). The number of dominant species (IVI > 5%) varied between 3 and 7 across the different forest types. Tree diameter and height distributions in HG were well - fitted to the Meyer function and Weibull distribution, respectively. Regeneration density ranged from 3,740 trees/ha in TXG to 4,324 trees/ha in poor forests (TXN). However, regeneration quality was generally moderate, with promising regeneration accounting for less than 35% of the total density. AGB differed significantly among forest types, with the highest value observed in TXG (201.0 ton/ ha) and the lowest in TXN (75.1 ton/ha). The study highlights that conserving and maintaining large – diameter trees is a key strategy for enhancing biomass accumulation and carbon storage, thereby supporting sustainable forest management and restoration.

Keywords: Forest biomass, forest carbon, forest structure, Lam Dong province, natural forests.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng nhiệt đới đóng vai trò quan trọng trong việc bảo tồn đa dạng sinh học, điều hòa khí hậu và duy trì các chu trình sinh thái toàn cầu (Artaxo *et al.*, 2022). Đồng thời, rừng nhiệt đới là bể chứa carbon lớn, góp phần giảm phát thải khí nhà kính và hỗ trợ sinh kế cho con người (Kreier, 2022). Tuy nhiên, trong những thập kỷ gần đây, rừng tự nhiên ở Việt Nam đã và đang chịu áp lực lớn do khai thác gỗ và các hoạt động chuyển đổi mục đích sử dụng đất trái phép, dẫn đến suy giảm các chức năng sinh thái của rừng (Mermoz *et al.*, 2021). Để quản lý và phục hồi các trạng thái rừng tự nhiên thứ sinh này cần phải có những đánh giá về cấu trúc, cũng như khả năng tích trữ carbon của từng trạng thái trong các điều kiện lập địa cụ thể (Aththorick *et al.*, 2018, Nguyễn Toàn Thắng *et al.*, 2025). Cấu trúc là đặc điểm quan trọng của hệ sinh thái rừng, nó chi phối quá trình sinh trưởng và tử vong của cây rừng, cũng như phân bố các nguồn tài nguyên, điều kiện sống cho toàn bộ các sinh vật trong quần xã thực vật rừng (de Quesada and Kuuluvainen, 2020). Bên cạnh đó, cấu trúc không gian ba chiều của tán rừng đóng vai trò quyết định đối với năng suất, khả năng hấp thụ carbon và mức độ đa dạng sinh học (Nguyễn Minh Cảnh *et al.*, 2025). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu, rừng tự nhiên đóng vai trò quan trọng trong việc hấp thụ và lưu trữ carbon, qua đó góp phần giảm phát thải khí nhà kính. Các chương trình như REDD+ yêu cầu những đánh giá định lượng đáng tin cậy về cấu trúc rừng và sinh khối nhằm phục vụ công tác đo đạc, báo cáo và thẩm tra lượng carbon rừng. Do đó, việc nghiên cứu cấu trúc và sinh khối của các trạng thái rừng tự nhiên là cơ sở khoa học thiết yếu để đánh giá chức năng sinh thái, phục vụ quản lý rừng bền vững và thực hiện các cam kết giảm phát thải.

Ban Quản lý Rừng phòng hộ La Ngà được thành lập theo Quyết định số 1934/QĐ-UBND ngày 26/7/2006 của Ủy ban Nhân dân tỉnh Bình Thuận

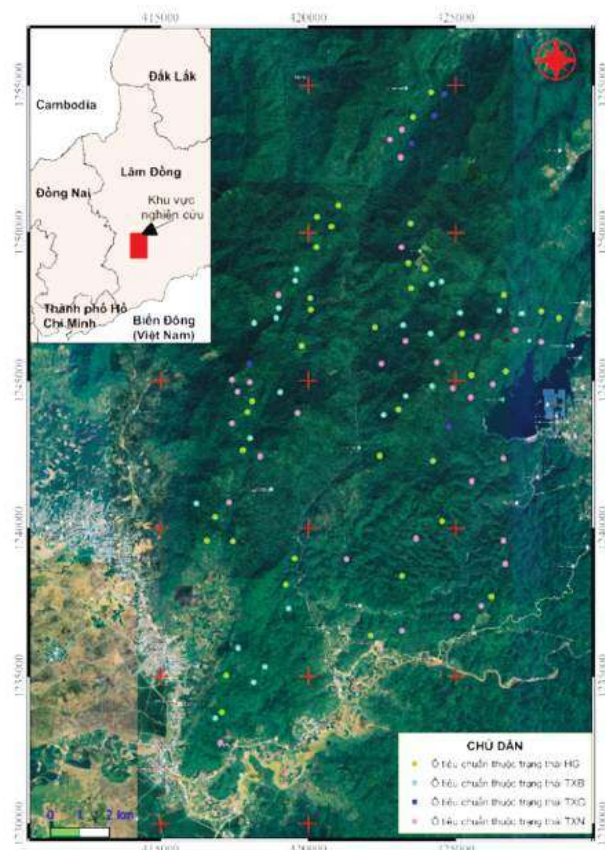
(nay là tỉnh Lâm Đồng), trên cơ sở tách một phần lâm phận từ Ban Quản lý Rừng phòng hộ Trị An trước đây. Hiện nay, Ban Quản lý Rừng phòng hộ La Ngà quản lý tổng diện tích rừng và đất lâm nghiệp là 19.505,12 ha, trong đó diện tích rừng tự nhiên chiếm 18.664,38 ha. Mặc dù khu vực này có diện tích rừng tự nhiên lớn, bao gồm nhiều kiểu rừng với mức độ đa dạng sinh học và chức năng sinh thái cao, song đến nay vẫn chưa có các nghiên cứu khoa học toàn diện nhằm đánh giá đặc điểm cấu trúc cũng như lượng sinh khối tích trữ của các trạng thái rừng tại đây.

Xuất phát từ vai trò sinh thái và giá trị bảo tồn của khu vực này, nghiên cứu được thực hiện nhằm bổ sung cơ sở dữ liệu khoa học về cấu trúc và sinh khối của các trạng thái rừng tự nhiên lá rộng thường xanh và hỗn giao gỗ - tre nứa tại Ban Quản lý Rừng phòng hộ La Ngà, tỉnh Lâm Đồng. Kết quả nghiên cứu góp phần cung cấp luận cứ khoa học cho việc đề xuất các giải pháp quản lý và phát triển bền vững, cũng như ước tính giá trị hấp thụ carbon của các quần xã thực vật rừng tại khu vực nghiên cứu.

II. ĐỊA ĐIỂM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các trạng thái rừng tự nhiên lá rộng thường xanh và hỗn giao gỗ - tre nứa thuộc Ban Quản lý Rừng phòng hộ La Ngà, tỉnh Lâm Đồng (Bình Thuận cũ), có tọa độ X từ 414.000 - 430.000; Y từ 1.231.000 - 1.259.000 (VN 2000, 108 độ 30 phút múi 3). Khu vực nghiên cứu có địa hình đồi núi tương đối phức tạp với độ cao dao động từ 300 m đến 1.500 m so với mực nước biển, độ dốc từ 10 - 35°. Khu vực nghiên cứu có khí hậu nhiệt đới gió mùa với hai mùa khô và mưa phân biệt rõ rệt. Thổ nhưỡng gồm các loại chính là Feralit đỏ vàng, đất đen Luvisols, đất mùn vàng đỏ trên núi Alisols và đất xói mòn trơ sỏi đá Leptosol.



Hình 1. Bản đồ vị trí các ô tiêu chuẩn nghiên cứu

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Dữ liệu được thu thập trên 4 trạng thái rừng: Hồn giao gỗ - tre nửa (HG), rừng lá rộng thường xanh giàu (TXG), rừng lá rộng thường xanh trung bình (TXB) và rừng lá rộng thường xanh nghèo (TXN) dựa vào cách phân chia hiện trạng rừng tại Thông tư số 16/2025/TT-BNNMT ngày 19/6/2025 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường. Đây là 4 trạng thái rừng chiếm diện tích chủ yếu trong toàn bộ lâm phận. Tổng số 102 ô mẫu hình chữ nhật với diện tích 500 m² (25 × 20 m) được lập theo phương pháp phân tầng dựa vào bản đồ hiện trạng rừng của khu vực nghiên cứu. Trong đó, mỗi một tầng là một hiện trạng rừng, trong mỗi tầng các mẫu được lấy ngẫu nhiên trên toàn bộ diện tích nghiên cứu (mẫu ngẫu nhiên phân tầng - stratified random sampling), sao cho khoảng cách giữa các mẫu trong một tầng lớn hơn 200 m. Ngoài ra, số lượng ô mẫu được phân bổ tỷ lệ thuận với diện tích thực tế của từng trạng thái trong khu vực nghiên cứu.

Cụ thể, trong 102 ô mẫu được lập có 40 ô HG, 5 ô TXG, 24 ô TXB và 33 TXN, vị trí các ô tiêu chuẩn được thể hiện ở hình 1.

Trong mỗi ô tiêu chuẩn xác định các chỉ tiêu tầng cây gỗ gồm: loài cây gỗ được xác định theo Trần Hợp (2002); đường kính ngang ngực vị trí 1,3 m (D, cm) những cây có đường kính lớn hơn hoặc bằng 6 cm; đo chiều cao vút ngọn bằng thước Blume bleiss (H, m). Để điều tra cây tái sinh, lập ô dạng bản có diện tích 25 m² (5 × 5 m) ở 4 góc của ô tiêu chuẩn chính. Đo đếm tất cả cây tái sinh các chỉ tiêu thu thập gồm: tên loài cây, chiều cao vút ngọn, nguồn gốc cây tái sinh, chất lượng cây tái sinh và xác định cây tái sinh có triển vọng. Sử dụng thước đo cao có chia vạch khoảng cách để đo chiều cao cây tái sinh, đo chiều cao theo yêu cầu của điều tra, đảm bảo tối thiểu 7 cấp: Dưới 0,5 m; từ 0,5 m đến dưới 1,0 m; từ 1,0 m đến dưới 1,5 m; từ 1,5 đến dưới 2 m; từ 2,0 m đến dưới 3,0 m; từ 3,0 m đến dưới 5 m, và từ 5,0 trở lên. Đánh giá chất lượng cây tái sinh theo 3 cấp: (1) Cây chất lượng tốt (A): cây thân thẳng, không cụt ngọn, tán lá phát triển cân đối, không bị sâu, bệnh hại; (2) Cây chất lượng trung bình (B): cây thân không thẳng, sức sinh trưởng trung bình, tán lệch ít, có biểu hiện bị sâu, bệnh hại; (3) Cây chất lượng xấu (C): cây cong queo, sức sinh trưởng kém, tán lệch nhiều, bị sâu, bệnh hại. Ngoài ra, cây tái sinh có triển vọng là những cây có chiều cao lớn hơn 2,0 m và phải vượt qua tầng cây bụi, thâm tươi; tán lá phát triển đều, không cong queo, không sâu bệnh và không cụt ngọn.

2.3. Xử lý số liệu

Tổ thành tầng cây cao được xác định dựa vào chỉ số giá trị quan trọng IVI% theo công thức (Thái Văn Trùng, 1999):

$$IVI = \frac{(Ni\% + Gi\% + Vi\%)}{3} \quad (1)$$

Trong đó:

N% là tỷ lệ % số cây theo loài;

G% là tỷ lệ % tiết diện ngang theo loài;

V% là tỷ lệ % thể tích theo loài.

Khi một nhóm loài cây trong đó các cây có $IVI > 5\%$ và có tổng $IVI > 40\%$ thì được gọi nhóm loài cây ưu thế và đồng ưu thế.

Tổ thành tầng cây tái sinh được xác định theo công thức (Nguyễn Minh Cảnh *et al.*, 2025):

$$IV = \left(\frac{ni}{N} \right) \times 100 \quad (2)$$

Trong đó:

ni (cây/ha) là số cây tái sinh của loài i ;

N (cây/ha) là mật độ cây tái sinh của tất cả các loài cây gỗ.

Sự tương đồng giữa thành phần cây tái sinh với thành phần cây cao được xác định dựa vào hệ số tương đồng của Sorensen theo công thức (Sorensen, 1948):

$$Cs = \left[\frac{(2 \times c)}{(a + b)} \right] \times 100 \quad (3)$$

Trong đó: a , b và c tương ứng là số loài cây tái sinh, cây cao và loài chung giống nhau giữa tầng cây tái sinh và tầng cây cao ở mỗi trạng thái rừng.

Phân bố loài cây tái sinh trên mặt đất dựa vào phương pháp tỷ số theo công thức:

$$W = \frac{S^2}{\bar{X}} \quad (4)$$

Trong công thức trên S^2 là phương sai và $\bar{X}$ là số cây trung bình trên ô quan sát. Nếu phân bố cây trên các ô là tuân theo luật Poisson thì tỷ số trên bằng 1 (phân bố Poisson có kỳ vọng bằng phương sai) và người ta cũng chứng minh được rằng:

$$T = \frac{(W - 1)}{S_w} \quad (5)$$

T có phân bố t với $n - 1$ bậc tự do và $S_w = \sqrt{\frac{2}{n - 1}}$

Nếu trị tuyệt đối của $T < t_{\alpha/2}$ ta có phân bố ngẫu nhiên, nếu trị số dương của $T > t_{\alpha/2}$ là phân bố cụm và nếu trị số âm của $T < -t_{\alpha/2}$ có phân bố cách đều.

Có rất nhiều mô hình lý thuyết để mô phỏng phân bố số cây theo đường kính và chiều cao cho các quần xã thực vật rừng, tuy nhiên trong nghiên cứu

này chúng tôi sử dụng 2 phân bố thường gặp là phân bố Meyer và Weibull 2 tham số để mô phỏng quy luật phân bố số cây theo đường kính (N/D) và theo chiều cao (N/H) (Nguyễn Hải Tuất *et al.*, 2006).

Phân bố giảm Meyer là phân bố xác suất của biến ngẫu nhiên liên tục với hàm mật độ xác suất:

$$f(x) = \begin{cases} \alpha \cdot e^{-\beta x} & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Trong đó, α và β là các tham số của phân bố Meyer.

Phân bố Weibull với hàm mật độ có dạng:

$$f_x(x) = \alpha \cdot \lambda \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\lambda \cdot x^\alpha} \quad (7)$$

Trong đó, α và λ là hai tham số của phân bố Weibull.

Tiêu chuẩn χ^2 dùng để kiểm tra giả thuyết H_0 về mức độ phù hợp của phân bố thực nghiệm với phân bố lý thuyết. Nếu giá trị χ^2 (kiểm tra) lớn hơn χ^2 (tra bảng) thì giả thuyết H_0 bị bác bỏ, tức phân bố thực nghiệm không phù hợp với phân bố lý thuyết; ngược lại giả thuyết H_0 được chấp nhận hay phân bố thực nghiệm phù hợp với phân bố lý thuyết.

Sinh khối trên mặt đất (AGB) của từng các thể cây rừng được tính dựa vào số tay hướng dẫn kỹ thuật điều tra rừng kèm theo Quyết định 145/QĐ-KL-CĐS ngày 18 tháng 06 năm 2024 của Cục Kiểm lâm.

$$AGB = 277,273 \times \left(D^2 \times \frac{Hmt}{10000} \right)^2 10^{-3} \quad (8)$$

Trong đó: D là đường kính ngang ngực

Hmt là chiều cao men thân ($Hmt = 1,04 \times H$) của các cây gỗ trong ô tiêu chuẩn.

Nghiên cứu sử dụng kiểm định phi tham số Kruskal – Wallis để so sánh sự khác biệt AGB giữa các trạng thái rừng. Trong trường hợp phát hiện sự khác biệt có ý nghĩa, tiếp tục sử dụng phép thử Dunn's test để tiến hành phân hạng AGB các trạng thái và các giá trị ý nghĩa được hiệu chỉnh bằng phương pháp Bonferroni nhằm kiểm soát sự gia tăng sai số loại I trong các so sánh nhiều lần.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm cấu trúc tầng cây cao

3.1.1. Tổ thành tầng cây cao

Kết quả bảng 1 cho thấy, số loài trong các trạng thái rừng TXN, TXB, HG và TXG lần lượt là 91, 88, 82 và 36. Trong đó có 2 loài thuộc Danh lục Đỏ Việt Nam năm 2024 ở cấp EN và nhóm IIA theo Thông tư số 27/2025/TT-BNNMT ngày 24/6/2025 của Bộ Nông nghiệp và Môi trường, danh mục loài nguy cấp quý hiếm là Cẩm lai (*Dalbergia oliveri* Gamble ex Prain) và Trắc (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre). Các trạng thái rừng có 3 đến 7 loài với chỉ số IVI lớn hơn 5%. Cụ thể, trạng thái rừng hỗn giao gỗ – tre nửa mật độ cây gỗ là 522 cây/ha với 3 loài ưu thế là Bằng lăng ổi (IVI=6,12%), Dẻ (IVI=5,92%) và Cẩm (IVI=5%). Rừng lá rộng thường xanh giàu với mật độ trung bình 836 cây/ha với 7 loài ưu thế là Bời lời (IVI = 13,78%), Dẻ (IVI = 12,53%), Cẩm (IVI = 11,61%), Huỳnh (IVI = 9,1%), Giổi (IVI = 5,84%), Trâm (IVI = 5,72%) và Trám (IVI=5,23%) với tổng IVI của 7 loài ưu thế chiếm 63,8%. Rừng lá rộng thường xanh trung bình mật độ 684 cây/ha với 4 loài ưu thế bao gồm Trâm

(IVI=7,82%), Bằng lăng ổi (IVI=7,15%), Bình linh lông (IVI=5,76%) và Kơ nia (IVI=5,35%). Rừng lá rộng thường xanh nghèo với mật độ 716 cây/ha với 3 loài có IVI lớn hơn 5% bao gồm Dẻ (5,76%), Trâm (5,7%) và Thành ngạnh (5,3%). Mật độ các trạng thái rừng tự nhiên tại Ban QLRPH La Ngà từ 522 - 836 cây/ha, tương đồng với rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới tại Ban Quản lý Rừng phòng hộ Tân Phú mật độ từ 616 - 747 cây/ha (Lê Văn Long *et al.*, 2017; Phan Minh Xuân, 2012), cao hơn so với các trạng thái rừng tại Khu Bảo tồn Thiên nhiên (Khu BTTN) Núi Ông với mật độ 406 cây/ha (Trần Văn Công *et al.*, 2024), tuy nhiên mật độ thấp hơn so với rừng tự nhiên lá rộng thường xanh giàu tại Khu BTTN - Văn hóa Đồng Nai, tỉnh Đồng Nai với mật độ 1.112 cây/ha (Nguyễn Minh Cảnh *et al.*, 2025). Về thành phần loài, trạng thái TXG ở khu vực nghiên cứu cao hơn so với các khu vực khác, chẳng hạn rừng TXG tại Khu BTTN - Văn hóa Đồng Nai với 56 loài (Nguyễn Minh Cảnh *et al.*, 2025), 78 loài tại Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát (Bùi Hữu Quốc và Nguyễn Văn Quý, 2023), 45 loài trong các ô nghiên cứu tại Khu BTTN Bình Châu - Phước Bửu (Van Hop *et al.*, 2023).

Bảng 1. Kết cấu những loài ưu thế có chỉ số IVI > 5% trong các trạng thái rừng

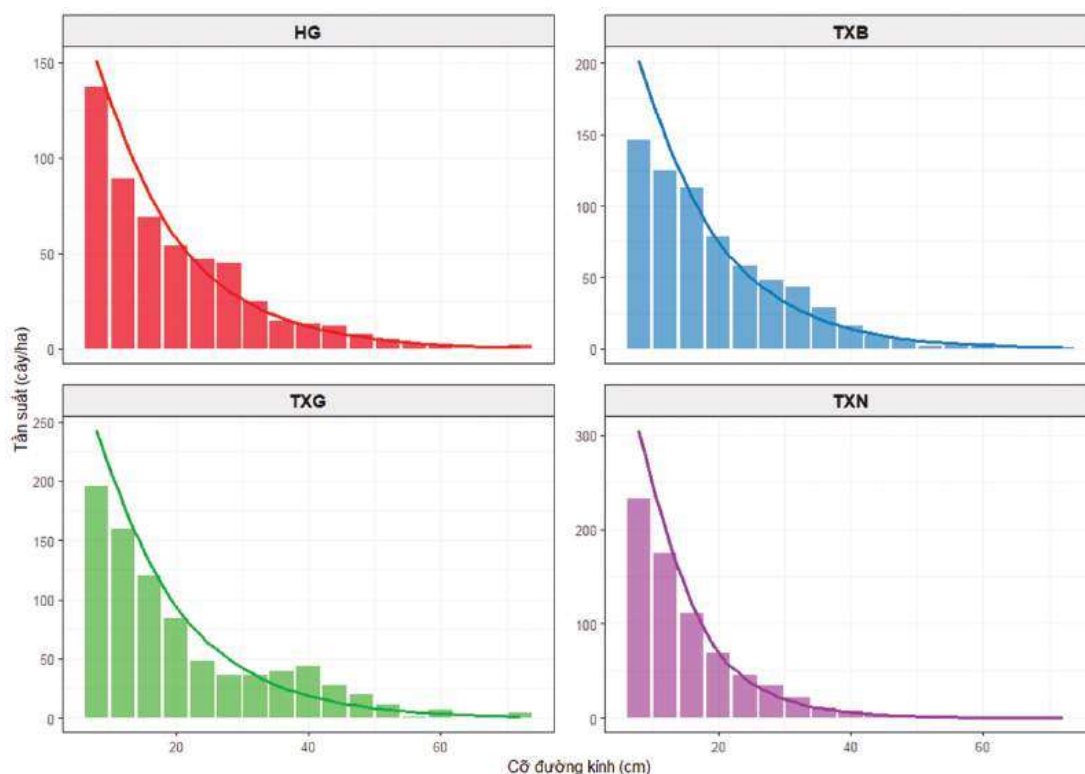
Tên phổ thông	Tên khoa học	HG		TXG		TXB		TXN	
		N (cây/ ha)	IVI (%)	N (cây/ ha)	IVI (%)	N (cây/ ha)	IVI (%)	N (cây/ ha)	IVI (%)
Bằng lăng ổi	<i>L. undulata</i>	32	6,12			47	7,15		
Dẻ	<i>L. pseudosundaicus</i>	30	5,92	128	12,53			35	5,76
Cẩm	<i>P. annamensis</i>	15	5,00	64	11,61				
Trâm	<i>S. borneense</i>			72	5,72	49	7,82	38	5,70
Bình linh lông	<i>V. pinnata</i>					33	5,76		
Kơ nia	<i>I. malayana</i>					18	5,35		
Bời lời	<i>L. cubeba</i>			68	13,78				
Huỳnh	<i>H. javanica</i>			60	9,10				

Tên phổ thông	Tên khoa học	HG		TXG		TXB		TXN	
		N (cây/ ha)	IVI (%)	N (cây/ ha)	IVI (%)	N (cây/ ha)	IVI (%)	N (cây/ ha)	IVI (%)
Giổi	<i>M. mediocris</i>			28	5,84				
Trám	<i>C. pimela</i>			52	5,23				
Thành ngạnh	<i>C. formosum</i>							52	5,30
Các loài khác		446	82,96	364	36,2	539	73,92	591	83,24
		82 loài		36 loài		88 loài		91 loài	
Tổng		522	100	836	100	684	100	716	100

3.1.2. Quy luật phân bố tần số của đường kính và chiều cao

Quy luật phân bố thực nghiệm số cây theo đường kính có xu hướng giảm từ cỡ kính 8 cm đến 72 cm

cho cả 4 trạng thái rừng nghiên cứu. Số lượng cây ở cỡ kính 8 cm chiếm từ 22,3% đến 32,6% trong các trạng thái rừng và sau đó giảm dần đến 0% đến 0,47% ở cỡ kính 72 cm (hình 2).



Hình 2. Quy luật phân bố số cây theo cấp đường kính các trạng thái rừng tại khu vực nghiên cứu

Kết quả mô phỏng phân bố số cây theo đường kính (N/D) bằng phân bố lý thuyết hàm Meyer ở bảng 2 cho thấy tham số α đại diện cho số lượng cây dự trữ ở các cấp kính ban đầu. Trạng thái TXN với

$\alpha = 841,408$ cho thấy có mật độ cây lớn ở các cấp kính nhỏ. Do vậy trạng thái rừng TXN có khả năng tái sinh mạnh và đang trong quá trình phục hồi. Trong khi đó, trạng thái HG ($\alpha = 286,694$) có mật độ

cây ở cấp kính nhỏ thấp hơn so với 3 trạng thái rừng còn lại, phản ánh trạng thái rừng này đang gặp khó khăn trong quá trình tái sinh tự nhiên.

Hệ số β phản ánh tốc độ giảm số cây khi đường kính tăng lên. Trạng thái rừng TXN có tốc độ giảm cao nhất (0,123), tiếp đến là TXB (0,082), cuối cùng 2 trạng thái TXG và HG có tốc độ giảm khá tương đồng và thấp nhất (0,079). Trạng thái rừng TXN có độ dốc lớn nhất, điều này có nghĩa là số lượng cây giảm rất nhanh khi chuyển sang các cấp kính lớn hơn. Kết quả này là do rừng TXN bị khai thác mạnh các cây có cỡ kính lớn ở tầng trên. Trong khi đó, 3 trạng thái rừng còn lại có cấu trúc

tầng thứ ổn định hơn, số lượng cây phân bố đều hơn giữa các cấp kính so với TXN.

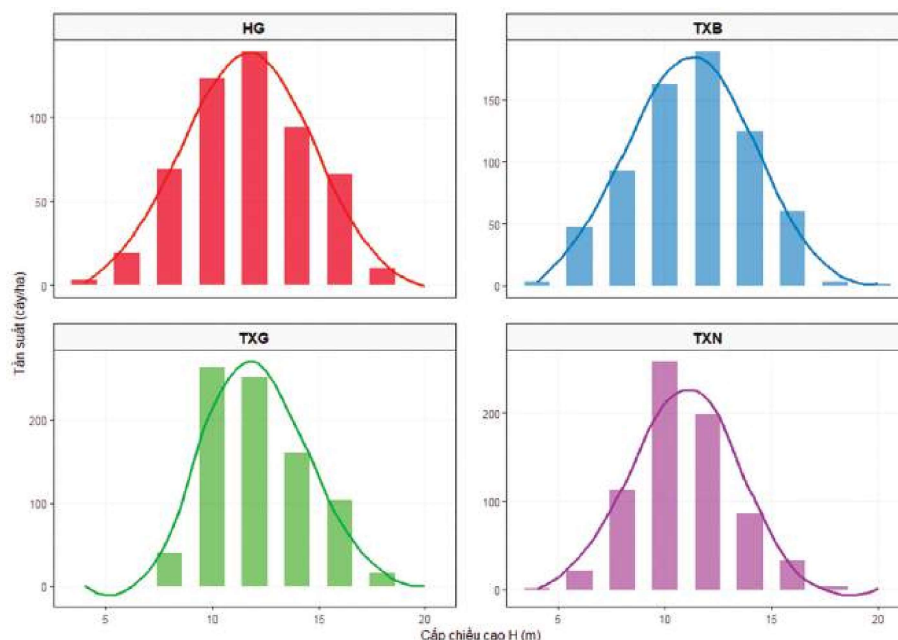
Kết quả kiểm tra bằng tiêu chuẩn χ^2 trong các trạng thái rừng nghiên cứu cho thấy chỉ có trạng thái rừng HG có phân bố N/D tuân theo phân bố Meyer, các trạng thái còn lại đều bác bỏ giả thuyết. Đặc biệt đối với trạng thái TXG thì sai số quá lớn cho thấy cấu trúc rừng ở đây đã biến dạng hoàn toàn, không còn giữ được hình chữ J ngược điển hình. Các trạng thái rừng này bị tác động bởi con người do quá trình khai thác chọn, làm cho đường cong thực tế bị lồi hoặc lõm so với lý thuyết của Meyer.

Bảng 2. Mô hình hóa phân bố số cây theo cấp đường kính bằng hàm Meyer

Tham số	HG	TXB	TXG	TXN
α	286,694	394,519	463,629	841,408
β	0,079	0,082	0,079	0,123
χ^2 (kiểm tra)	17,23	38,03	99,16	28,85
χ^2 (tra bảng)	22,4	22,4	22,4	18,3
Kết luận	Chấp nhận H_0	Bác bỏ H_0	Bác bỏ H_0	Bác bỏ H_0

Phân bố thực nghiệm số cây theo cấp chiều cao ở hình 3, cấp chiều cao cho các trạng thái rừng từ 4 m đến 20 m, trong đó trạng thái rừng TXN, TXG,

TXB và HG tập trung ở cấp chiều cao 10 m và 12 m chiếm lần lượt là 63,7%, 61,7%, 51,5% và 50,1% tổng số cây.



Hình 3. Quy luật phân bố số cây theo cấp chiều cao các trạng thái rừng tại khu vực nghiên cứu

Kết quả mô phỏng phân bố số cây theo cấp chiều cao (N/H) theo hàm Weibull cho thấy ở trạng thái rừng HG, TXN, TXB có tham số $\alpha > 3$ hay phân bố có dạng lệch phải, trong đó trạng thái TXG có $\alpha < 3$ nên có dạng lệch trái so với phân bố chuẩn. Kết quả kiểm tra tính phù hợp bằng tiêu chuẩn χ^2 cho thấy ngoài trạng thái rừng HG chấp nhận giả thuyết N/H

tuân theo phân bố Weibull, các trạng thái rừng khác đều bác bỏ giả thuyết tuân theo hàm Weibull của phân bố N/H (bảng 3). HG, TXB và TXN có hệ số λ rất nhỏ cho thấy các trạng thái rừng này biến động về chiều cao giữa các cây rừng khá lớn, bao gồm nhiều tầng tán khác nhau do quá trình tái sinh và phục hồi rừng sau khi bị tác động ở cường độ cao.

Bảng 3. Mô hình hóa phân bố số cây theo cấp chiều cao bằng phân bố Weibull 2 tham số

Tham số	HG	TXB	TXG	TXN
α	3,4	3,3	2,4	3,8
λ	0,0004	0,0006	0,0143	0,0003
χ^2 (kiểm tra)	7,52	11,61	33,17	24,77
χ^2 (tra bảng)	11,07	11,07	9,48	9,48
Kết luận	Chấp nhận H_0	Bác bỏ H_0	Bác bỏ H_0	Bác bỏ H_0

3.2. Đặc điểm cấu trúc tầng cây tái sinh

3.2.1. Kết cấu loài cây tái sinh

Kết cấu loài cây tái sinh của các trạng thái rừng tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở bảng 4. Mật độ cây tái sinh trong các trạng thái rừng nghiên cứu dao động từ 3.740 (cây/ha) đến 4.324 (cây/ha). Các loài cây có chỉ số IVI lớn hơn 5% ở trạng thái rừng từ 3 đến 5 loài. Trạng thái HG có 3 loài là Chiếc tam lang (16,42%), Trâm (9,06%) và

Dẻ (7,3%). Trạng thái TXG có 7 loài gồm Trâm (15,51%), Dẻ (13,9%), Trám (11,76%), Chiếc tam lang (11,23%) và Cám (6,42%). Trạng thái TXB và TXN có 3 loài là Chiếc tam lang (22,51% và 11,98%), Trâm (6,42% và 7,43%) và Vải rừng (5,09% và 9,6%). Mật độ tái sinh của khu vực nghiên cứu tương đồng với các nghiên cứu trước đây tại rừng tự nhiên ở các khu vực có điều kiện tương tự như tại Ban QLRPH Tân Phú (3.365-4.555 cây/ha) (Lê Văn Long *et al.*, 2017).

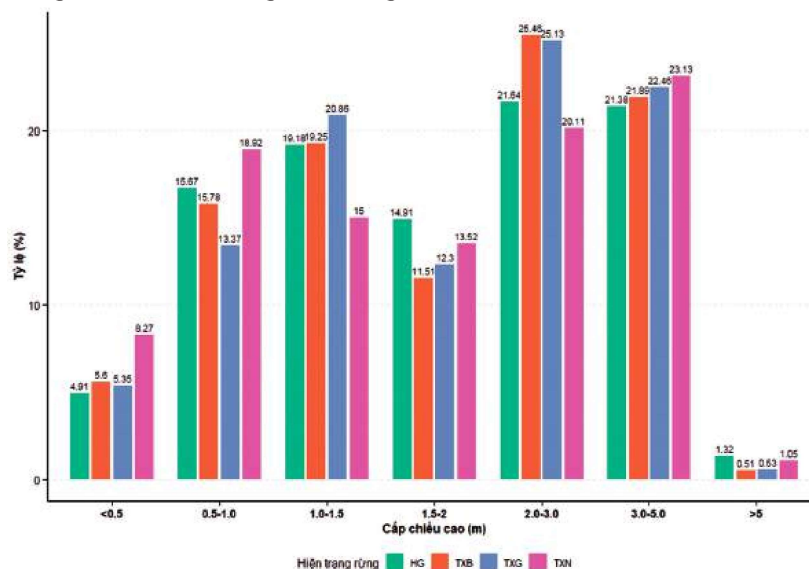
Bảng 4. Kết cấu loài cây tái sinh của các trạng thái rừng nghiên cứu

Tên phổ thông	Tên khoa học	HG		TXG		TXB		TXN	
		N (cây/ha)	IVI (%)	N (cây/ha)	IVI (%)	N (cây/ha)	IVI (%)	N (cây/ha)	IVI (%)
Chiếc tam lang	<i>B. acutangula</i>	653	16,42	420	11,23	921	22,51	518	11,98
Trâm	<i>S. borneense</i>	360	9,06	580	15,51	263	6,42	321	7,43
Dẻ	<i>L. pseudosundaicus</i>	290	7,30	520	13,90				
Vải rừng	<i>N. cuspidatum</i>					208	5,09	415	9,60
Trám	<i>C. pimela</i>			440	11,76				
Cám	<i>P. annamensis</i>			240	6,42				
Nhãn rừng	<i>D. Fumatus</i>							276	6,38
Loài khác		2673 (78 loài)	67,23	1.540 (30 loài)	41,18	2.700 (74 loài)	65,99	2.794 (88 loài)	64,61
Tổng		3.975	100	3.740	100	4.092	100	4.324	100

3.2.2. Phân bố số cây theo cấp chiều cao tầng cây tái sinh

Đặc điểm cấu trúc cây tái sinh của 4 trạng thái rừng tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở hình 4. Cây tái sinh phân bố đồng đều ở cả 4 trạng thái rừng

nghiên cứu, trong đó chiều cao từ 0,5 m đến 5,0 m với tỷ lệ chiếm từ 11,51% đến 25,46% ở 5 cấp. Cây tái sinh có chiều cao nhỏ hơn 0,5 m chiếm tỷ lệ từ 4,91% đến 8,27%, đặc biệt cấp chiều cao lớn hơn 5 m tỷ lệ thấp chỉ chiếm 0,51% đến 1,32%.



Hình 4. Phân bố số cây theo cấp chiều cao tầng cây tái sinh các trạng thái rừng nghiên cứu

3.2.3. Phân bố chất lượng cây tái sinh

Kết quả chất lượng cây tái sinh trong các trạng thái rừng nghiên cứu thể hiện ở bảng 5. Về nguồn gốc, phần lớn cây tái sinh có nguồn gốc từ hạt, đối với trạng thái rừng TXB, HG, TXN và TXG lần lượt là 100%, 99,56%, 98,95% và 98,40%. Trong khi tái sinh chồi chiếm dưới 1,6%. Kết quả cho thấy quá trình tái sinh tại khu vực nghiên cứu chủ yếu diễn ra tự nhiên thông qua cây mẹ gieo giống, ít chịu tác động cơ học từ bên ngoài (Nguyễn Minh Cảnh *et al.*, 2025).

Về chất lượng sinh trưởng, cây tái sinh tập trung chủ yếu ở mức trung bình với trên 68,98% tổng số cây, đặc biệt ở trạng thái rừng trung bình thì tỷ lệ này là 99,76%. Cây có chất lượng tốt ở mức thấp nhỏ hơn 4% như ở HG, TXB và TXN, tuy nhiên sinh trưởng cây tái sinh ở trạng thái rừng giàu cao hơn khi chiếm 27,81% ở chất lượng tốt. Tỷ lệ cây tái sinh có triển vọng ở các trạng thái rừng ở mức khá thấp, cao nhất là TXG là 34,22%, và thấp nhất là HG là 26,67%.

Bảng 5. Chất lượng cây tái sinh ở các trạng thái rừng nghiên cứu

Trạng thái rừng	Chất lượng						Có triển vọng		Nguồn gốc			
	Tốt		Trung bình		Xấu				Hạt		Chồi	
	Cây/ha	%	Cây/ha	%	Cây/ha	%	Cây/ha	%	Cây/ha	%	Cây/ha	%
HG	155	3,90	3.800	95,60	20	0,50	1.060	26,67	3.958	99,56	18	0,44
TXB	0	0,00	4.082	99,76	10	0,24	1.100	26,88	4.092	100,00	0	0,00
TXG	1040	27,81	2.580	68,98	120	3,21	1.280	34,22	3.680	98,40	60	1,60
TXN	124	2,87	4.188	96,85	12	0,28	1.203	27,82	4.279	98,95	45	1,05

3.2.4. Phân bố không gian của cây tái sinh

Kết quả kiểm tra phân bố không gian của cây tái sinh trên mặt đất bằng phân bố Poisson thể hiện ở bảng 6. Số lượng trung cây trung bình trong mỗi ô của các trạng thái rừng từ 9,35 đến 11,06 cây/ô khá đồng đều giữa các trạng thái rừng. Tuy nhiên, biến động lớn giữa các ô trong các trạng thái rừng HG và TXN với phương sai là 20,42 và 22,03, biến động nhỏ hơn ở trạng thái rừng TXB và TXG với phương

sai là 10,83 và 12,45. Kết quả kiểm tra bằng tiêu chuẩn t của Student cho thấy 2 trạng thái rừng TXB và TXG có dạng ngẫu nhiên, trong đó TXN và HG có dạng phân bố cụm. Điều đó chứng tỏ rừng TXB và TXG môi trường đồng nhất, không có sự cạnh tranh gay gắt giữa các cây tái sinh và hạt giống được phát tán đều trên toàn diện tích. Trong khi đó TXN và HG hạt giống rơi tập trung quanh cây mẹ, hoặc cây con chỉ mọc được ở những lỗ trống nhất định.

Bảng 6. Kết quả kiểm tra phân bố không gian cây tái sinh của các trạng thái rừng

Trạng thái	$\bar{X}$ (cây/ô)	S^2	N (số ô)	W	Sw	T	Tra bảng	Kết luận
HG	9,94	20,42	160	2,06	0,11	9,41	1,97	Cụm
TXB	10,23	10,83	96	1,06	0,15	0,41	1,99	Ngẫu nhiên
TXG	9,35	12,45	20	1,33	0,32	1,02	2,09	Ngẫu nhiên
TXN	11,06	22,03	129	1,99	0,13	7,93	1,98	Cụm

3.3. Mức độ tương đồng giữa tầng cây cao và cây tái sinh

Dựa vào giá trị Sorensen của 4 trạng thái rừng ở bảng 7, ta thấy mức độ tương đồng về thành phần loài dao động từ 53,85 đến 81,72%. Mức độ tương đồng cao nhất tại TXN ($C_s = 81,72\%$). Ở trạng thái TXN, hầu hết các loài cây ở tầng

cao đều có cây con tái sinh dưới tán với 76 loài chung trên tổng số 92 loài cây tái sinh và 94 loài ở tầng cây cao. Đảm bảo thể hệ kế cận duy trì được cấu trúc loài của rừng hiện tại. Trong khi đó, thấp nhất ở trạng thái rừng TXG ($C_s = 53,85\%$) thể hiện tầng cây tái sinh tại đây đang có sự thay đổi về thành phần loài.

Bảng 7. Kết quả kiểm tra mức độ đồng nhất giữa tầng cây cao và tái sinh bằng hệ số Sorensen

Tham số	HG	TXB	TXG	TXN
a	81	77	35	92
b	85	92	43	94
c	63	58	21	76
C_s	75,90	68,64	53,85	81,72

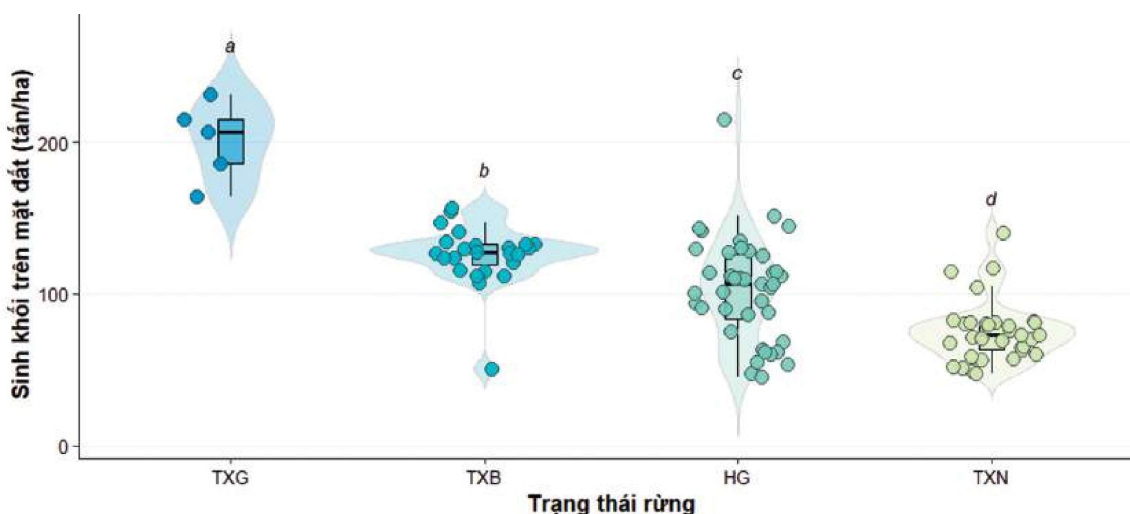
3.4. Sinh khối trên mặt đất ở các trạng thái rừng

Kết quả so sánh sinh khối trên mặt đất tầng cây cao của các trạng thái rừng được thể hiện ở hình 5. Sinh khối giữa các trạng thái rừng có sự sai khác nhau rõ rệt với ($H = 45,51$, $df = 3$, $p < 0,001$), trong đó sinh khối cao nhất là $201,0 \pm 26,2$ (tấn/ha) ở trạng thái

TXG, tiếp theo là TXB với $125,0 \pm 20,2$ (tấn/ha), HG với $103,0 \pm 34,2$ (tấn/ha), thấp nhất là TXN với $75,1 \pm 20,1$ (tấn/ha). Sinh khối trên mặt đất của 2 trạng thái TXB và TXN tại khu vực nghiên cứu tương đồng với Khu BTTN Bình Châu - Phước Bửu (49 tấn/ha đến 198 tấn/ha) (Hop *et al.*, 2023).

Tuy nhiên AGB của trạng thái TXG thấp hơn so với Khu BTTN Văn hóa Đồng Nai (254,8 tấn/ha) (Nguyễn Minh Cảnh *et al.*, 2025), Đắc Nông (256,3 tấn/ha) (Nguyễn Văn Hợp *et al.*, 2021), Lò Gò - Xa Mát (từ 215,2 tấn/ha đến 240,8 tấn/ha) (Bùi Hữu Quốc và Nguyễn Văn Quý, 2023). Ngoài ra, kết quả nghiên cứu cho thấy sự khác biệt sinh khối giữa các trạng thái rừng chủ yếu gắn liền với đặc điểm cấu trúc đường kính của lâm phần. Phân bố số cây theo đường kính ở các trạng thái đều có dạng lệch trái đặc trưng của rừng tự nhiên nhiệt đới. Tuy nhiên, mức độ kéo dài của đuôi phân bố về phía cấp kính lớn có sự khác biệt rõ rệt. Ở trạng thái rừng giàu (TXG), cây nhỏ vẫn chiếm ưu thế nhưng vẫn tồn tại tỷ lệ đáng kể cây ở cấp kính trung bình và lớn với cấp $D > 40$ cm, tạo nên cấu trúc kích thước phân hóa mạnh. Đây chính là yếu tố làm cho sinh khối đạt giá trị cao nhất (201,0 tấn/ha). Ngược lại, ở trạng thái rừng nghèo (TXN), mặc dù phân bố vẫn theo xu hướng giảm dần về phía cấp kính

lớn, nhưng số cây ở nhóm đường kính trung bình và lớn rất hạn chế, khiến phần đuôi phân bố ngắn và mỏng, không có những cây có cấp $D > 40$ cm. Do sinh khối cây tăng theo hàm lũy thừa của đường kính, sự thiếu vắng cây lớn dẫn đến tổng sinh khối lâm phần thấp (75,1 tấn/ha). Điều này cho thấy chỉ cần một tỷ lệ tương đối nhỏ cây có kích thước lớn cũng có thể đóng góp phần lớn sinh khối toàn lâm phần. Tuy nhiên, hạn chế trong nghiên cứu này là sinh khối trên mặt đất được ước tính theo phương trình chung trong sổ tay hướng dẫn kỹ thuật của Cục Kiểm lâm; mặc dù phù hợp cho mục tiêu quản lý và kiểm kê rừng, việc áp dụng cùng một công thức cho các trạng thái rừng có cấu trúc và thành phần loài khác nhau có thể phát sinh sai số nhất định. Vì vậy, các kết quả cần được diễn giải trong phạm vi áp dụng của phương trình, đồng thời các nghiên cứu trong tương lai nên xem xét hiệu chỉnh hoặc kiểm định bổ sung phương trình sinh khối phù hợp hơn với từng kiểu rừng cụ thể.



Hình 5. Sinh khối trên mặt đất của các trạng thái rừng khu vực nghiên cứu

IV. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu đặc điểm cấu trúc và ước tính lượng sinh khối trên mặt đất các trạng thái rừng tự nhiên lá rộng thường xanh và hỗn giao gỗ - tre nửa tại Ban QLRPH La Ngà, tỉnh Lâm Đồng cho thấy:

Các trạng thái rừng tự nhiên có mật độ tầng cây cao trung bình từ 522 cây/ha đến 836 cây/ha, với

số lượng loài tham gia vào công thức tổ thành từ 36 đến 91 loài.

Cấu trúc phân bố của đường kính và chiều cao bị phá vỡ ở hầu hết các trạng thái rừng. Mật độ cây tái sinh từ 3.740 cây/ha đến 4.324 cây/ha, nguồn gốc tái sinh chủ yếu từ hạt với tỷ lệ trên 98%. Chất lượng cây tái sinh ở mức trung bình với tỷ lệ cây tái sinh có triển vọng ở mức thấp (dưới 35%). Phân bố

cây con tái sinh có dạng phân bố cụm (TXN và HG) và ngẫu nhiên (TXG và TXB). Mức độ tương đồng giữa thành phần loài cây tái sinh và cây cao có xu hướng giảm dần từ trạng thái rừng TXG tới TXN.

Sinh khối trên mặt đất tích trữ trong các trạng thái rừng trung bình từ 75,1 đến 201 tấn/ha.

Nghiên cứu đề xuất ưu tiên bảo tồn cây có đường kính lớn như một giải pháp trọng tâm trong quản

lý và phục hồi rừng, nhằm gia tăng khả năng tích lũy sinh khối và carbon rừng tự nhiên ở khu vực nghiên cứu.

Lời cảm ơn: Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Ban Quản lý Rừng phòng hộ La Ngà, PGS.TS Nguyễn Thanh Tuấn - Phân hiệu Trường Đại học Lâm nghiệp đã hỗ trợ trong quá trình thu thập, xử lý và phân tích dữ liệu để thực hiện nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Artaxo P, Hansson HC, Machado LAT, Rizzo LV, 2022. Tropical forests are crucial in regulating the climate on Earth. PLOS Climate 1: e0000054. DOI: 10.1371/journal.pclm.0000054.
2. Aththorick T, Pasaribu N, Eyckman E. 2018. Stand structure and carbon stock of tree vegetation in Deleng Macik Taman Hutan Raya Bukit Barisan Karo District, North Sumatra, Indonesia. Journal of Physics: Conference Series: IOP Publishing 052009: 1-9. DOI: 10.1088/1742-6596/1116/5/052009.
3. Bùi Hữu Quốc, Nguyễn Văn Quý, 2023. Đa dạng cây gỗ và trữ lượng carbon trên mặt đất của chúng trong kiểu rừng lá rộng thường xanh ở Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, tỉnh Tây Ninh. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp 12: 96-106. DOI: 10.55250/jo.vnuf.12.6.2023.096-106.
4. De Quesada G, Kuuluvainen T, 2020. Tree diametric - species diversity is affected by human impact in old Scots pine dominated forest in boreal Fennoscandia. Forest Ecosystems 7(8): 1-12. DOI:10.1186/s40663-020-0219-6.
5. Kreier F, 2022. Tropical forests have big climate benefits beyond carbon storage. Nature. DOI: 10.1038/d41586-022-00934-6
6. Lê Văn Long, Nguyễn Minh Thanh, Lê Văn Cường, Lê Bá Toàn, 2017. Một số đặc điểm lâm học của ưu hợp Dầu song náng thuộc kiểu rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới tại Ban Quản lý Rừng phòng hộ Tân Phú, Đồng Nai. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp 6: 42-51.
7. Mermoz S, Bouvet A, Koleček T, Ballère M, Le Toan T, 2021. Continuous Detection of Forest Loss in Vietnam, Laos, and Cambodia Using Sentinel-1 Data. Remote Sensing 13(23): 1-18. DOI: 10.3390/rs13234877
8. Nguyễn Hải Tuất, Vũ Tiến Hình, Ngô Kim Khôi, 2006. Phân tích thống kê trong lâm nghiệp.
9. Nguyễn Minh Cảnh, Ngô Duy Đông, Mạc Văn Chăm, Nguyễn Thị Minh Hải, Nguyễn Thị Thu, Đặng Lê Thanh Liên, Hồ Thanh Tuyền, 2025. Cấu trúc rừng, đa dạng loài cây gỗ và trữ lượng carbon trên mặt đất ở rừng tự nhiên lá rộng thường xanh giàu tại Khu Bảo tồn Thiên nhiên - Văn hóa Đồng Nai, tỉnh Đồng Nai. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp 14: 33-44. DOI: 10.55250/Jo.vnuf.14.7.2025.033-044.
10. Nguyễn Toàn Thắng, Trần Hoàng Quý, Đào Trung Đức, Phùng Đình Trung, Nguyễn Văn Tuấn, Võ Đại Nguyên, Nguyễn Trọng Minh, Hoàng Văn Thành, Trần Văn Đô, Nguyễn Thị Thu Phương, Trương Tất Đor, 2025. Đặc điểm cấu trúc và đa dạng sinh học rừng sản xuất là rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nghèo tại Kbang, tỉnh Gia Lai. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp 5: 110-118. DOI: 10.70169/VJFS.1098.
11. Nguyễn Văn Hợp, Bùi Hữu Quốc, Nguyễn Văn Quý, 2021. Đa dạng cây gỗ và trữ lượng carbon trên mặt đất trong kiểu rừng lá rộng thường xanh ở huyện Tuy Đức, tỉnh Đắk Nông. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp 1: 92-101.
12. Phan Minh Xuân, 2012. Nghiên cứu đặc điểm lâm học rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới tại Ban Quản lý Rừng phòng hộ Tân Phú, tỉnh Đồng Nai. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp 1: 1-10.
13. Sorensen T, 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Biologiske skrifter 5: 1-34.

14. Thái Văn Trùng, 1999. Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
15. Trần Hợp, 2002. Cây gỗ Việt Nam: Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hà Nội.
16. Trần Văn Công, Nguyễn Minh Cảnh, Nguyễn Thị Minh Hải, 2024. Đa dạng loài cây gỗ và trữ lượng carbon trên mặt đất ở rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh trung bình tại Khu Bảo tồn thiên nhiên Núi Ông, tỉnh Bình Thuận. Tạp chí Rừng và Môi trường 120: 76-85.
17. Hop NV, Quy NV, Lam NV, Trong PT, Thịnh PC, 2023. Woody plant diversity and aboveground carbon stock of *Dipterocarpus chartaceus* dominant forests in Binh Chau - Phuoc Buu Nature Reserve, South Vietnam. Asian Journal of Forestry 7: 114-124. DOI: 10.13057/asianjfor/r070206.

Email tác giả liên hệ: trongnamfsis@gmail.com

Ngày nhận bài: 14/01/2026

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 15/02/2026; 26/02/2026

Ngày duyệt đăng: 11/03/2026