

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 VƯỜN QUỐC GIA LÒ GÒ - XA MÁT, TỈNH TÂY NINH

Nguyễn Minh Cảnh¹, Tô Quang², Mạc Văn Châm¹, Nguyễn Thị Minh Hải¹,
Nguyễn Thị Thu¹, Đặng Lê Thanh Liên¹, Hồ Thanh Tuyền³

¹Trường Đại học Nông Lâm - Thành phố Hồ Chí Minh

²Ban Quản lý Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, tỉnh Tây Ninh

³Khu Bảo tồn Thiên nhiên Tà Kóu, tỉnh Lâm Đồng

TÓM TẮT

Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh giàu không chỉ mang lại giá trị kinh tế cao mà còn đóng vai trò quan trọng trong bảo tồn đất, ổn định khí hậu, bảo vệ đa dạng sinh học và hấp thụ carbon. Nghiên cứu các đặc điểm cấu trúc rừng, đa dạng loài cây gỗ và trữ lượng carbon là nền tảng cho công tác quản lý và bảo tồn rừng bền vững. Nghiên cứu được thực hiện trên các ô tiêu chuẩn điển hình đại diện cho trạng thái rừng giàu tại Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, tỉnh Tây Ninh. Kết quả nghiên cứu cho thấy rừng có mật độ trung bình 882 ± 37 cây/ha, đường kính trung bình $18,0 \pm 0,5$ cm, chiều cao $14,3 \pm 0,4$ m, tổng tiết diện ngang $35,80 \pm 1,32$ m²/ha và trữ lượng gỗ $331,21 \pm 17,47$ m³/ha. Có 76 loài cây gỗ thuộc 39 họ được ghi nhận, với 6 loài ưu thế và đồng ưu thế chiếm 44,2% IVI, và họ Dầu (Dipterocarpaceae) là nhóm loài chiếm ưu thế chính. Đa dạng loài cây gỗ cao với chỉ số Shannon-Wiener (H') = 4,41, chỉ số đồng đều J' = 0,86. Có 55 loài được ghi trong Sách Đỏ IUCN (2025), bao gồm 10 loài từ mức “Sắp bị đe dọa” (NT) đến “Cực kỳ nguy cấp” (CR). Lượng carbon tích lũy đạt 136,92 tấn C/ha (tương đương 502,03 tấn CO₂/ha), trong đó loài *Dipterocarpus dyeri* tích lũy nhiều nhất (29,34 tấn C/ha). Kết quả nghiên cứu khẳng định rừng giàu tại Lò Gò - Xa Mát có cấu trúc ổn định, đa dạng sinh học cao và tiềm năng lưu giữ carbon lớn, cung cấp cơ sở khoa học quan trọng cho quản lý, bảo tồn và phục hồi rừng.

Từ khóa: Cấu trúc rừng, đa dạng sinh học, hấp thụ carbon, lưu giữ carbon, trạng thái rừng giàu

STRUCTURAL CHARACTERISTICS, TREE SPECIES DIVERSITY, AND ABOVE-GROUND CARBON STOCK OF RICH EVERGREEN BROADLEAF FORESTS IN LO GO - XA MAT NATIONAL PARK, TAY NINH PROVINCE

Nguyen Minh Canh¹, To Quang², Mac Van Cham¹, Nguyen Thi Minh Hai¹,
Nguyen Thi Thu¹, Dang Le Thanh Lien¹, Ho Thanh Tuyen³

¹Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

²Lo Go - Xa Mat National Park Management Board, Tay Ninh province

³Ta Kou Nature Reserve, Lam Dong province

ABSTRACT

Rich evergreen broadleaf forests not only possess high economic value but also play a crucial role in land conservation, climate regulation, biodiversity protection, and carbon sequestration. Studying forest structural characteristics, tree species diversity, and carbon stock provides a foundation for sustainable forest management and conservation. This study was conducted in representative sample plots of rich forest stands in Lo Go - Xa Mat National Park, Tay Ninh province, Vietnam. Results showed that the forest has an average density of 882 ± 37 trees/ha, a mean diameter of 18.0 ± 0.5 cm, mean height of 14.3 ± 0.4 m, basal area of 35.80 ± 1.32 m²/ha, and timber volume of 331.21 ± 17.47 m³/ha. A total of 76 tree species belonging to 39 families were recorded, with six dominant and co-dominant species accounting for 44.2% of the Importance Value Index (IVI), and the Dipterocarpaceae family being the dominant group. Species diversity was high, with a Shannon-Wiener index (H') of 4.41 and an evenness index (J') of 0.86. Fifty-five species were listed in the IUCN Red List (2025), including ten species ranging from “Near Threatened” to “Critically Endangered”. The accumulated carbon stock reached 136.92 ton C/ha (equivalent to 502.03 ton CO₂/ha), with *Dipterocarpus dyeri* contributing the highest amount (29.34 ton C/ha). The findings confirm that the rich forest status in Lo Go - Xa Mat has a stable structure, high biodiversity, and substantial carbon storage potential, providing a vital scientific basis for forest management, conservation, and restoration.

Keywords: Carbon sequestration, carbon storage, biodiversity, forest structure, rich forest status

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nằm trong nhóm hệ sinh thái có mức đa dạng sinh học cao nhất và giữ vai trò then chốt trong bảo vệ đất, điều hòa khí hậu, duy trì nguồn nước, lưu giữ carbon và bảo tồn nguồn gen quý hiếm (FAO, 2020). Các hệ sinh thái rừng giàu đa dạng loài như rừng lá rộng thường xanh giàu (TXG) không chỉ có giá trị sinh thái nổi bật mà còn đem lại lợi ích kinh tế và là bể chứa carbon quan trọng trong cân bằng hệ sinh thái toàn cầu (Pan *et al.*, 2011; Sullivan *et al.*, 2017).

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng những khu rừng nguyên sinh và bán nguyên sinh đóng vai trò quan trọng trong việc lưu giữ carbon lâu dài, trong khi những khu rừng bị suy thoái có tốc độ phát thải CO₂ cao hơn do quá trình phân hủy sinh khối (Brown, 1997; Chave *et al.*, 2005). Trong bối cảnh biến đổi khí hậu và suy giảm đa dạng sinh học, việc nghiên cứu cấu trúc rừng (mật độ, đường kính, chiều cao), thành phần loài và trữ lượng carbon là các yếu tố then chốt quyết định khả năng lưu giữ carbon và độ ổn định sinh thái của rừng nhằm cung cấp dữ liệu khoa học phục vụ quản lý và bảo tồn bền vững (Bohn *et al.*, 2017; Kaushal *et al.*, 2021).

Vườn Quốc gia (VQG) Lò Gò - Xa Mát, được thành lập năm 2002, là khu rừng đặc dụng tiêu biểu của vùng Đông Nam Bộ, giàu giá trị đa dạng sinh học và di sản văn hóa - lịch sử. Với diện tích gần 19.000 ha và các kiểu rừng đặc trưng của miền Đông Nam Bộ, nơi đây đã được công nhận là Vườn Di sản ASEAN từ năm 2019. Tuy nhiên, các hoạt động khai thác lâm sản trái phép, xâm lấn đất rừng và tác động của biến đổi khí hậu đang là thách thức lớn đối với công tác bảo tồn và phục hồi rừng. Trong bối cảnh đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm bổ sung cơ sở khoa học cho quản lý, bảo tồn và phát triển bền vững, đồng thời đóng góp dữ liệu

quan trọng về khả năng hấp thụ carbon của rừng TXG trong khu vực nghiên cứu (Ban Quản lý Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, 2021).

Nghiên cứu được thực hiện với mục tiêu: (i) Xác định đặc điểm cấu trúc tầng cây gỗ lớn của rừng TXG; (ii) Đánh giá tính đa dạng loài cây gỗ; (iii) Ước tính trữ lượng carbon trên mặt đất nhằm xác định khả năng hấp thụ carbon của rừng, từ đó làm cơ sở đề xuất biện pháp quản lý, bảo tồn và phát triển rừng phù hợp điều kiện sinh thái địa phương.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và khu vực nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là các quần xã thực vật (QXTV) thuộc kiểu rừng gỗ tự nhiên lá rộng thường xanh, trong trạng thái rừng giàu (Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2018; 2023). Tại Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, trạng thái TXG phân bố ở 9/31 tiểu khu (1, 2, 3, 5, 6, 8, 9, 27 và 28) với tổng diện tích 508,46 ha. Diện tích cụ thể từng tiểu khu lần lượt là: 71,13 ha; 8,05 ha; 65,69 ha; 60,10 ha; 215,04 ha; 15,70 ha; 36,30 ha; 17,18 ha; và 19,27 ha. Nghiên cứu này tập trung tại hai tiểu khu 5 và 6, thuộc phân khu bảo vệ nghiêm ngặt của Vườn, có diện tích lần lượt 60,10 ha và 215,04 ha. Đây là những khu vực đại diện, có trạng thái TXG đặc trưng, ít bị tác động, đảm bảo phản ánh đặc điểm cấu trúc, đa dạng loài và trữ lượng carbon của hệ sinh thái rừng giàu tại VQG Lò Gò - Xa Mát.

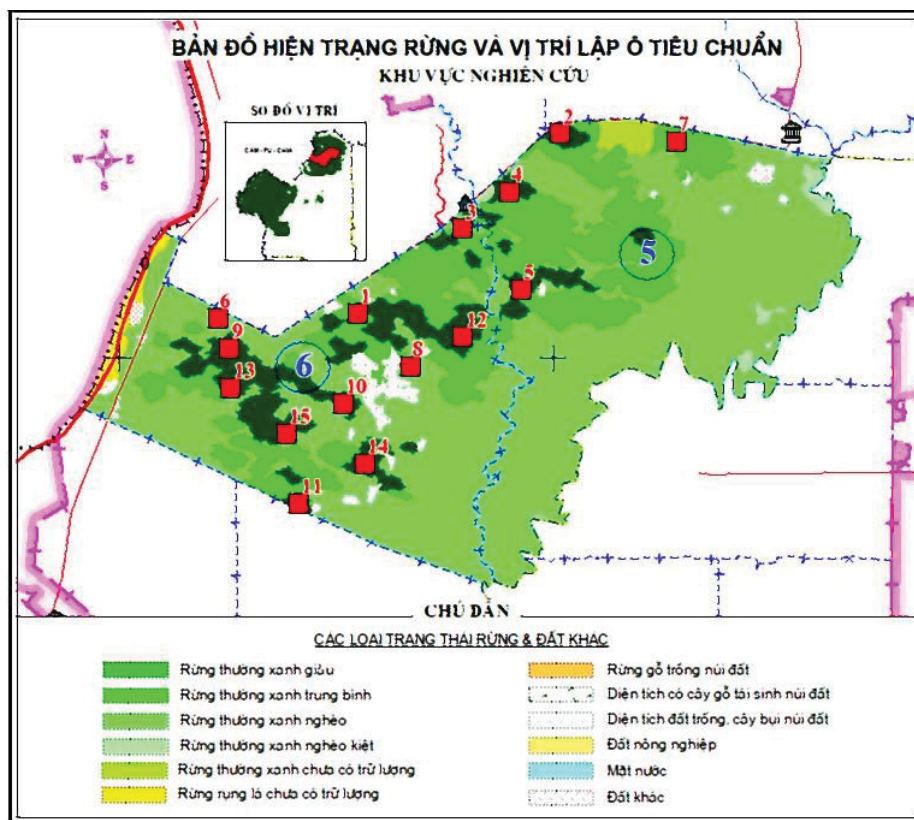
Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát nằm trong khoảng tọa độ từ 11°00'30" đến 11°47'00" vĩ độ Bắc và từ 105°57'00" đến 106°07'10" kinh độ Đông. Địa hình khu vực nghiên cứu chủ yếu là đồng bằng thấp xen kẽ các trảng cây bụi và vùng đất ngập nước, độ cao trung bình từ 20 - 40 m so với mực nước biển. Địa hình bằng phẳng, có một số khu vực trũng tạo thành bầu, hồ hoặc trảng cỏ ngập nước vào mùa mưa. Đất

chủ yếu là nhóm đất xám bạc màu phát triển trên phù sa cổ và tầng đá mẹ bazan, có tầng đất dày, khả năng giữ ẩm tốt và thích hợp với các loài cây gỗ lớn như dầu, sao và gõ. Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa điển hình, chia thành hai mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11 và mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ trung bình năm dao động từ 25 - 27°C, nhiệt độ cao nhất có thể lên tới 35 - 36°C trong các tháng mùa khô. Lượng mưa trung bình năm đạt khoảng 2.200 mm, với độ ẩm tương đối trung bình năm dao động 78 - 82%, thuận lợi cho sự sinh trưởng của các loài cây gỗ lá rộng thường xanh. VQG Lò Gò - Xa Mát không chỉ có hệ sinh thái rừng đa dạng mà còn là nơi lưu giữ nhiều di tích lịch sử - văn hóa nổi bật như căn cứ Trung ương Cục miền Nam và các địa danh kháng chiến, đồng thời được công nhận là Vườn Di sản ASEAN từ năm 2019.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp lập ô tiêu chuẩn và thu thập số liệu

Dựa vào bản đồ hiện trạng rừng, tiến hành phân tích và khảo sát khu vực rừng tự nhiên có trạng thái TXG để đặt vị trí các ô tiêu chuẩn (OTC). Tiến hành bố trí 15 OTC điển hình với kích thước 2.000 m²/OTC. Phương pháp rút mẫu được áp dụng là phương pháp rút mẫu điển hình để lựa chọn vị trí các OTC. Trong mỗi OTC, tiến hành đo đường kính ngang ngực của toàn bộ cây có đường kính $D_{1,3} \geq 6$ cm bằng cách đo chu vi với độ chính xác đến 0,1 cm sau đó suy ra đường kính; đo chiều cao vút ngọn (H) bằng thước đo cao Forestry Pro II, với độ chính xác là $\pm 0,1$ m. Thành phần loài cây gỗ được xác định theo Trần Hợp (2002) và Võ Văn Chi (2003; 2004). Vị trí của các OTC và vị trí phân bố của các loài thực vật quý, hiếm và nguy cấp bắt gặp tại khu vực nghiên cứu được xác định bằng máy định vị toàn cầu (GPS).



Hình 1. Bản đồ vị trí OTC điều tra thu thập các chỉ tiêu tại khu vực nghiên cứu

2.2.2. Phương pháp xử lý và phân tích số liệu

Sử dụng các phần mềm Microsoft Excel 2010, Statgraphics Centurion XV.I, Primer 6.0 để xử lý số liệu từ 15 OTC 2.000 m² ở trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu, bao gồm:

- *Phân tích các chỉ tiêu lâm học:*

Tính toán các chỉ tiêu bình quân của lâm phần như: đường kính, chiều cao, tổng tiết diện ngang, mật độ rừng và trữ lượng rừng. Sử dụng phương pháp thống kê mô tả để nhận xét và đánh giá kết quả nghiên cứu.

+ Đường kính bình quân của lâm phần được xác định theo công thức:

$$\bar{D} = \left(\sum_{i=1}^n D_i \right) / n$$

Trong đó: D_i là đường kính $D_{1,3}$ của cây thứ i (cm); n là số cây đo trong OTC.

+ Chiều cao bình quân của lâm phần được xác định theo công thức:

$$\bar{H} = \left(\sum_{i=1}^n H_i \right) / n$$

Trong đó: H_i là chiều cao vút ngọn của cây thứ i (m); n là số cây đo trong OTC.

+ Tổng tiết diện ngang bình quân của lâm phần được xác định theo công thức:

$$G = \left(\sum_{i=1}^n g_i \right) \times 10.000 / S_{\text{OTC}}$$

Trong đó: g_i là tiết diện ngang của cây thứ i (m²) được xác định theo công thức:

$$g_i = \pi D_i^2 / 4 \times 10^4;$$

D_i là đường kính $D_{1,3}$ của cây thứ i (cm);

S_{OTC} là diện tích ô tiêu chuẩn (m²).

+ Mật độ rừng bình quân được xác định theo công thức:

$$N = n \times 10.000 / S_{\text{OTC}}$$

Trong đó: n là số cây đo trong OTC; S_{OTC} là diện tích ô tiêu chuẩn (m²).

+ Trữ lượng rừng bình quân được xác định theo công thức:

$$M = \left(\sum_{i=1}^n v_i \right) \times 10.000 / S_{\text{OTC}}$$

Trong đó: v_i là thể tích thân cây thứ i (m³) và được tính theo công thức: $v_i = g_i \times H_i \times f_{1,3}$; với

$f_{1,3}$ là hình số thân cây tại vị trí 1,3 m ($f_{1,3} = 0,45$, theo Thông tư Số 26/2022/TT-BNNPTNT ngày 30 tháng 12 năm 2022 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn quy định về quản lý, truy xuất nguồn gốc lâm sản).

- *Phân tích kết cấu họ và loài cây gỗ:*

Trong bài viết này, kết cấu họ và loài cây gỗ được xác định dựa vào chỉ số giá trị quan trọng $IV_i\%$ theo công thức của Thái Văn Trùng (1999):

$$IV_i = (N_i\% + G_i\% + V_i\%) / 3$$

Trong đó: $N\%$ là mật độ tương đối của loài trong QXTV rừng; $G\%$ là tiết diện ngang thân cây của loài trong QXTV rừng; $V\%$ là thể tích thân cây của loài trong QXTV rừng. Khi một nhóm loài cây trong đó các cây có $IV_i > 5\%$ và có tổng $IV_i < 40\%$ thì được gọi là nhóm loài cây có ý nghĩa về mặt sinh thái; khi một nhóm loài cây trong đó các cây có $IV_i > 5\%$ và có tổng $IV_i > 40\%$ thì được gọi là nhóm loài cây ưu thế và đồng ưu thế.

Việc xác định kết cấu loài cây gỗ của trạng thái TXG được thực hiện tính toán kết cấu chung cho tất cả những loài cây gỗ của 15 OTC, từ đó cho phép thuyết minh chung kết cấu loài cây gỗ và biến động về kết cấu loài cây gỗ của trạng thái rừng nghiên cứu.

Sự tương đồng về họ và loài cây gỗ giữa những QXTV rừng (hay OTC) được xác định bằng hệ số tương đồng của Sørensen (1948) theo công thức:

$$C_s = [(2 \times c) / (a + b)] \times 100$$

Trong đó: a là số họ và loài cây gỗ bắt gặp ở OTC i ; b là số họ và loài cây gỗ bắt gặp ở OTC j ; c là số họ và số loài cây gỗ cùng bắt gặp ở cả hai nhóm đối tượng (OTC i và j).

- *Phân tích các chỉ số đa dạng loài cây gỗ:*

+ Độ giàu có về loài cây gỗ được xác định theo số loài cây gỗ (S) và chỉ số giàu có về loài của Margalef (1968): $d = (S - 1) / \ln(N)$.

Trong đó: d là chỉ số Margalef; S là tổng số loài trong mẫu; N là tổng số cá thể trong mẫu.

+ Chỉ số đa dạng loài cây gỗ được xác định theo chỉ số ưu thế Simpson (1949):

$\lambda' = \Sigma(n_i \times (n_i - 1) / (N \times (N - 1)))$ và chỉ số Shannon-Weiner (H') (1963): $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \times \ln(P_i)$.

Trong đó: N là tổng số cây trong ô mẫu; n_i là số cây của loài thứ i ; S là tổng số loài trong mẫu; $p_i = n_i/N$; $\ln(P_i)$ = logarit cơ số Neper.

Mức độ đa dạng được đánh giá theo thang phân loại của Fernando (1998): đa dạng thấp ($H' = 1 - 2,49$), đa dạng trung bình ($H' = 2,5 - 2,99$) và đa dạng cao ($H' = 3 - 4$).

+ Chỉ số đồng đều được xác định theo chỉ số Pielou (1975): $J' = H'/H'_{\max}$, với $H'_{\max} = \ln(S)$.

+ Những loài cây gỗ quý, hiếm được xác định theo Sách Đỏ Việt Nam năm 2024, Nghị định

84/2021/NĐ-CP, và IUCN năm 2025. Chỉ số hiếm được xác định theo công thức: $RI = (1 - n_i/N) \times 100$ (Guarino & Napolitanp, 2006). Mức độ hiếm của từng loài: không hiếm ($RI \leq 78,08\%$); hiếm ($RI = 78,08 - 95\%$); rất hiếm ($RI = 95 - 97\%$); cực kỳ hiếm ($RI > 97\%$).

- *Phân tích trữ lượng carbon trên mặt đất:*

+ Tính toán lượng carbon tích tụ và lượng CO_2 thực vật hấp thụ theo hai công thức: $C = AGB \times 0,47$ và $CO_2 = C \times 44/12$; kết hợp với hệ số chuyển đổi sinh khối thân (BEF) thành sinh khối cây. Trong đó, hệ số BEF được xác định theo nhóm đường kính $D_{1,3}$ dựa trên số liệu đo đạc thực địa tại VQG Lò Gò - Xa Mát, đồng thời tham khảo khuyến nghị của FAO (1997) và hướng dẫn của Winrock International (Pearson *et al.*, 2007). Cụ thể như sau (bảng 1):

Bảng 1. Hệ số chuyển đổi sinh khối thân thành sinh khối cây theo đường kính $D_{1,3}$

TT	$D_{1,3}$ (cm)	Hệ số chuyển đổi sinh khối (BEF)
1	< 20	1,40
2	20 - 40	1,38
3	40 - 80	1,33
4	≥ 80	1,25

+ Tính toán sinh khối trên mặt đất (AGB) dựa theo phương pháp của Brown (2002) theo công thức:

$$AGB = VOB \times WD \times BEF$$

Trong đó, VOB là thể tích thân cây cả vỏ được tính từ công thức: $VOB = \pi/4 \cdot (D_{1,3})^2 \cdot H \cdot f_{1,3}$; với $D_{1,3}$ là đường kính thân cây tại vị trí 1,3 m; H là chiều cao của cây; $f_{1,3}$ là hình số thân cây tại vị trí 1,3 m; WD (khối lượng thể tích gỗ) các loài

cây được trích dẫn từ cơ sở dữ liệu của Zanne A.E và đồng tác giả (2009).

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các chỉ tiêu cơ bản của trạng thái rừng giàu

Từ kết quả điều tra và xử lý số liệu từ 15 OTC của trạng thái TXG với diện tích 2.000 m² tại khu vực nghiên cứu, kết quả các chỉ tiêu lâm học được trình bày ở bảng 2.

Bảng 2. Các chỉ tiêu lâm học trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu

Chỉ tiêu	Giá trị trung bình	Độ lệch chuẩn	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Phạm vi biến động	Hệ số biến động (%)
Mật độ (cây/ha)	882	37	615	1.130	515	16,0
Đường kính (cm)	18,0	0,5	14,9	20,9	6,0	11,4
Chiều cao (m)	14,3	0,4	12,0	16,9	4,9	10,9
Tổng diện ngang (m ² /ha)	35,8	1,3	27,3	44,7	17,4	14,3
Trữ lượng (m ³ /ha)	331,2	17,5	211,5	433,9	222,4	20,4

Bảng 2 cho thấy, mật độ cây bình quân của lâm phần đạt 882 ± 37 cây/ha, phạm vi biến động 515 cây/ha (615 - 1.130 cây/ha). Đường kính bình quân của lâm phần ($D_{1,3}$) là $18,0 \pm 0,5$ cm, với phạm vi biến động 6,0 cm (14,9 - 20,9 cm). Chiều cao bình quân của lâm phần đạt $14,3 \pm 0,4$ m, với phạm vi biến động 4,9 m (12,0 - 16,9 m). Tiết diện ngang bình quân của lâm phần đạt $35,8 \pm 1,3$ m²/ha, phạm vi biến động 17,4 m²/ha (27,3 - 44,7 m²/ha). Trữ lượng gỗ

bình quân của lâm phần đạt $331,21 \pm 17,47$ m³/ha, với phạm vi biến động 222,4 m³/ha (211,5 - 433,9 m³/ha).

3.2. Kết cấu họ và loài cây gỗ

3.2.1. Kết cấu họ thực vật

Kết quả phân tích 15 QXTV trên những OTC 2.000 m² ở trạng thái rừng TXG tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Kết cấu họ thực vật của trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu

TT	Họ thực vật	Họ khoa học	Số loài	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	IVI%
1	Dầu	Dipterocarpaceae	8	153	11,17	115,28	27,79
2	Bông	Malvaceae	3	82	3,18	26,18	8,71
3	Sim	Myrtaceae	4	56	2,50	22,45	6,72
4	Kơ nia	Irvingiaceae	1	26	2,95	29,27	6,66
5	Nhãn	Sapindaceae	2	76	1,70	13,29	5,78
Cộng 5 họ				393	21,50	206,47	55,65
32 họ khác				489	14,30	124,75	44,35
Tổng cộng 37 họ				882	35,80	331,21	100,0

Bảng 3 cho thấy, tại khu vực nghiên cứu đã xác định được 37 họ thực vật thân gỗ tại 15 ô tiêu chuẩn điển hình, trong đó có 1 họ ưu thế là họ Dầu (Dipterocarpaceae) với chỉ số giá trị quan trọng (IVI%) là 27,79% và 4 họ đồng ưu thế gồm: họ Bông (Malvaceae) (8,71%), họ Sim (Myrtaceae) (6,72%), họ Kơ nia (Irvingiaceae) (6,66%), và họ Nhãn (Sapindaceae) (5,78%). Tổng mức độ quan trọng của 5 họ này là 55,65%, với mật độ bình quân là 393 cây/ha, tổng diện

ngang bình quân đạt 21,50 m²/ha và trữ lượng bình quân là 206,47 m³/ha.

Các họ còn lại (32 họ) đóng góp 44,35% (trung bình mỗi họ chiếm khoảng 1,4%) trong cấu trúc lâm phần, với mật độ bình quân là 489 cây/ha, tổng diện ngang bình quân là 14,30 m²/ha và trữ lượng bình quân là 124,75 m³/ha.

3.2.2. Kết cấu loài cây gỗ

Kết cấu loài cây gỗ của trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Kết cấu loài cây gỗ của trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu

TT	Tên loài	Tên khoa học	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	V (m ³ /ha)	IVI%
1	Dầu song năng	<i>Dipterocarpus dyeri</i>	53	6,71	73,57	15,64
2	Lầu tấu trắng	<i>Vatica odorata</i>	77	2,11	17,86	6,68
3	Cây	<i>Irvingia malayana</i>	26	2,95	29,27	6,66
4	Trâm mốc	<i>Syzygium cumini</i>	32	2,11	19,90	5,16
5	Cò ke	<i>Grewia tomentosa</i>	50	1,87	14,01	5,03
6	Trường quả nhỏ	<i>Xerospermum noronhianum</i>	61	1,57	12,61	5,02
Cộng 6 loài			298	17,31	167,23	44,20
70 loài khác			584	18,49	163,98	55,80
Tổng cộng 76 loài			882	35,80	331,21	100,0

Bảng 4 cho thấy, tại khu vực nghiên cứu đã ghi nhận 76 loài cây gỗ, trong đó có 6 loài có ý nghĩa về mặt sinh thái tham gia vào công thức tổ thành loài bao gồm: Dầu song nòng (*Dipterocarpus dyeri*) có mức độ quan trọng cao nhất với $IVI\% = 15,64\%$, mật độ (53 cây/ha), diện tích tiết diện ngang (6,71 m²/ha) và trữ lượng (73,57 m³/ha); kế đến là Lầu tấu trắng (*Vatica odorata*) với $IVI\% = 6,68\%$, tiếp theo là Cầy (*Irvingia malayana*) (6,66%), Trâm mốc (*Syzygium cumini*) (5,16%), Cò ke (*Grewia tomentosa*) (5,03%), và thấp nhất là Trường quả nhỏ (*Xerospermum noronhianum*) với $IVI\% = 5,02\%$.

Tổng mức độ quan trọng của 6 loài này là 44,2% với mật độ bình quân là 298 cây/ha, tổng tiết diện ngang bình quân là 17,31 m²/ha và trữ lượng bình quân là 167,23 m³/ha. Các loài này đều là cây bản địa có giá trị sinh thái cao, đóng vai trò chủ đạo trong tầng cây gỗ chính và có đóng góp đáng kể vào trữ lượng gỗ và khả năng lưu giữ carbon của lâm phần.

Các loài cây gỗ khác (70 loài) đóng góp 55,8% còn lại trong tổ thành loài, với mật độ bình quân là 584 cây/ha, tổng diện ngang bình quân là 18,49 m²/ha và trữ lượng bình quân là 163,98 m³/ha. Tuy mỗi loài chỉ chiếm trung bình khoảng 0,8%, nhưng sự hiện diện phong phú của nhóm này thể hiện đặc trưng rừng nhiệt đới đa loài, phản ánh tính ổn định về cấu trúc và xu hướng phục hồi sinh thái tốt. Điều này cho thấy trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu có sự cân bằng giữa nhóm loài ưu thế và nhóm loài hỗ trợ, tạo điều kiện thuận lợi cho việc bảo tồn và phát triển hệ sinh thái rừng bền vững.

Trong tổng số của 76 loài cây gỗ, ghi nhận (i) 55 loài nằm trong Sách Đỏ IUCN năm 2025;

01 loài xếp hạng mức độ “Cực kỳ nguy cấp” (CR) xuất hiện trong OTC2, OTC3, OTC5, OTC6, OTC7, OTC14; 03 loài xếp hạng mức độ “Nguy cấp” (EN) xuất hiện trong 14 OTC trừ OTC11; 05 loài xếp hạng mức độ “Sắp nguy cấp” (VU) xuất hiện trong 12 OTC trừ OTC5, OTC9, OTC10; 01 loài xếp hạng mức độ “Sắp bị đe dọa” (NT) chỉ xuất hiện trong OTC15; và 45 loài xếp hạng mức độ “Ít quan tâm” (LC); (ii) 03 loài nằm trong Sách Đỏ Việt Nam năm 2024, 03 loài đều xếp hạng mức độ “Nguy cấp” (EN) và xuất hiện trong tất cả 15 OTC; (iii) 01 loài nằm trong Nghị định số 84/2021/NĐ-CP thuộc nhóm IIA xuất hiện trong OTC7, OTC8, OTC10, OTC11, OTC13, OTC14.

Trong tổng số 10 loài được xếp hạng theo Sách Đỏ IUCN năm 2025 từ mức độ NT trở lên, có 05 loài cây gỗ được đánh giá ở mức độ hiếm (Cẩm lai, Chùm đuông, Dầu con rái, Dầu lông và Sao đen) 05 loài còn lại được đánh giá ở mức độ không hiếm theo chỉ số RI. Đặc biệt, 03 loài nằm trong Sách Đỏ Việt Nam năm 2024 hoặc/và Nghị định số 84/2021/NĐ-CP đều được đánh giá ở mức độ không hiếm theo chỉ số RI.

Những kết quả phân tích này góp phần cung cấp cơ sở khoa học thiết thực cho việc đánh giá rủi ro tuyệt chủng và đề xuất các biện pháp bảo tồn rừng tại khu vực nghiên cứu. Việc lồng ghép các chỉ số định lượng như RI với các phân hạng pháp lý trong nước và quốc tế làm cơ sở xác định hướng tiếp cận hiệu quả trong đánh giá hiện trạng tài nguyên thực vật rừng.

3.3. Đa dạng họ thực vật tại khu vực nghiên cứu

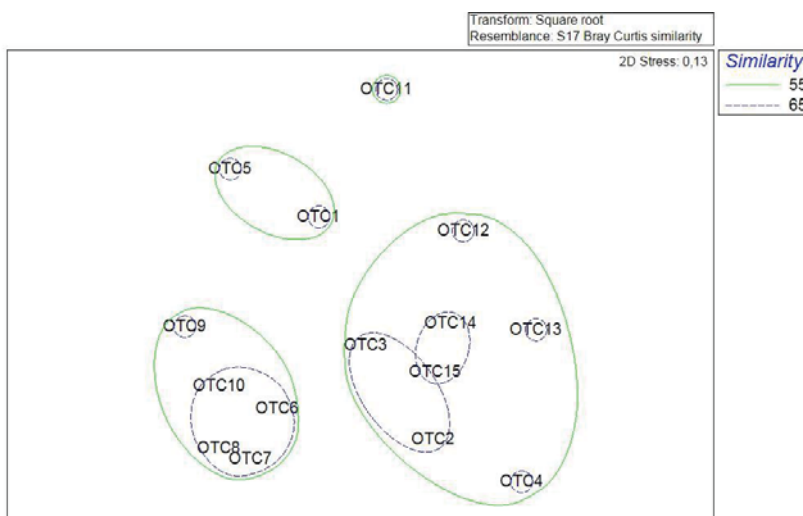
Kết quả phân tích từ 15 OTC của trạng thái rừng giàu được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Đặc trưng thống kê đa dạng họ thực vật của trạng thái TXG (Đơn vị tính: 2.000 m²)

TT	Chỉ tiêu thống kê	F	N	d	J'	H'(log ₂)	λ'
1	Trung bình	24	176	4,37	0,84	3,81	0,10
2	Giá trị nhỏ nhất	20	123	3,66	0,69	3,08	0,07
3	Giá trị lớn nhất	27	226	5,06	0,90	4,08	0,24
4	Biên độ biến động	7	103	1,40	0,21	1,00	0,17
5	Độ lệch tiêu chuẩn	2	28	0,41	0,05	0,25	0,04
6	Hệ số biến động (CV%)	9,48	16,02	9,43	5,67	6,63	40,71

Từ kết quả ở bảng 5 cho thấy mức độ đa dạng tương đối cao và ổn định giữa các QXTV. Chỉ số Shannon-Wiener (H') dao động từ 3,08 đến 4,08 với giá trị trung bình là 3,81 ($\log_2$) phản ánh một quần xã có mức độ đa dạng về họ tương đối phong phú và cân bằng về số lượng cá thể giữa các họ. Điều này phù hợp với đặc trưng của rừng tự nhiên nhiệt đới có tính hỗn loài cao. Chỉ số Pielou (J') dao động từ 0,69 đến 0,90 trung bình đạt 0,84 chứng tỏ sự phân bố tương đối đồng đều về mật độ cá thể giữa các họ trong từng QXTV. Chỉ số số lượng họ thực vật (F) dao động trong khoảng từ 20 đến 27 họ/ô (trung

bình 24 họ) kết hợp với mật độ N trung bình là 176 cây/ô (882 cây/ha) cho thấy tính phong phú và mức độ chông lẩn sinh thái cao giữa các họ loài cây gỗ trong khu vực nghiên cứu. Hệ số biến động ($Cv\%$) của H' và J' đều thấp (lần lượt là 6,63% và 5,67%) phản ánh sự ổn định về đa dạng về họ trong không gian. Bên cạnh đó, chỉ số ưu thế λ (Lambda) chỉ báo sự thống trị sinh thái có giá trị trung bình thấp (0,10) cho thấy quần xã không bị chi phối bởi một số ít họ ưu thế mà có cấu trúc cân bằng giữa các họ thực vật, điều này góp phần làm tăng độ ổn định sinh thái của hệ sinh thái rừng.



Hình 2. Mối quan hệ giữa các quần xã thực vật (OTC) của trạng thái rừng TXG ở mức tương đồng 55% và 65%

Thông qua hình 2 cho thấy: QXTV ở mức tương đồng 55% phân thành 04 nhóm:

- + Nhóm 1: Được ghi nhận có 07 OTC (OTC2, OTC3, OTC4, OTC12, OTC13, OTC14, OTC15) với nhóm loài ưu thế bao gồm 06 loài (Dầu song năng, Lầu tấu trắng, Cầy, Trâm mốc, Cò ke, Trường quả nhỏ).
- + Nhóm 2: Được ghi nhận có 02 OTC (OTC1, OTC5) với nhóm loài ưu thế bao gồm 04 loài (Lầu tấu trắng, Trâm mốc, Cò ke, Trường quả nhỏ) với loài Trường quả nhỏ là loài ưu thế nhất.
- + Nhóm 3: Được ghi nhận có 05 OTC (OTC6, OTC7, OTC8, OTC9, OTC10) với nhóm loài ưu thế bao gồm 03 loài (Dầu song năng, Lầu

tấu trắng, Trâm mốc) với loài Trâm là loài ưu thế nhất.

- + Nhóm 4: Chỉ ghi nhận có 01 OTC riêng biệt độc lập (OTC11) với nhóm loài ưu thế bao gồm 03 loài (Cầy, Trâm mốc, Cò ke) với mức độ ưu thế tương đồng nhau.

- QXTV ở mức tương đồng 65% phân thành 09 nhóm:

- + Nhóm 1: Được ghi nhận có 04 OTC (OTC6, OTC7, OTC8, OTC10) với nhóm loài ưu thế bao gồm 02 loài (Lầu tấu trắng, Trường quả nhỏ).
- + Nhóm 2: Được ghi nhận có 04 OTC (OTC2, OTC3, OTC14, OTC15) với nhóm loài ưu thế bao gồm 06 loài (Dầu song năng, Lầu tấu trắng, Cầy, Trâm mốc, Cò ke, Trường quả nhỏ).

+ 07 nhóm còn lại: Được ghi nhận mỗi nhóm có 01 OTC riêng biệt độc lập (OTC1, OTC2, OTC5, OTC9, OTC11, OTC12, OTC13), trong đó đáng chú ý với nhóm loài ưu thế của OTC1 là Dầu song nòng và Lầu tấu trắng; OTC11 là Cây, Trâm mốc và Cò ke.

Kết quả phân tích hệ số tương đồng họ thực vật giữa 15 QXTV dao động từ 48,8 đến 86,6%, trong đó có 38/105 cặp có giá trị tương đồng > 70%. Điều này phản ánh sự đồng nhất tương đối về mặt thành phần họ thực vật giữa các QXTV trong cùng một trạng thái rừng. Tuy nhiên, vẫn có 13/105 cặp thể hiện mức tương đồng thấp (dưới 60%), cho thấy bỏ qua ảnh hưởng của yếu

tổ địa hình và loại đất thì lịch sử quản lý, sử dụng và khả năng bị tác động bởi thiên tai là một trong những yếu tố ảnh hưởng phục hồi sinh thái không đồng đều giữa các địa điểm khảo sát. Việc duy trì sự tương đồng cao về mặt họ thực vật là yếu tố quan trọng trong bảo tồn tính ổn định sinh thái, đồng thời cũng phản ánh quá trình kế thừa nguồn gen và điều kiện lập địa tương đồng.

3.4. Đa dạng loài cây gỗ tại khu vực nghiên cứu

Kết quả phân tích từ 15 OTC của trạng thái rừng giàu được trình bày ở bảng 6.

Bảng 6. Đặc trưng thống kê đa dạng loài cây gỗ của trạng thái TXG (Đơn vị tính: 2.000 m²)

TT	Chỉ tiêu thống kê	S	N	d	J'	H'(log ₂)	λ'
1	Trung bình	35	176	6,50	0,86	4,41	0,06
2	Giá trị nhỏ nhất	20	123	3,66	0,69	3,08	0,07
3	Giá trị lớn nhất	27	226	5,06	0,90	4,08	0,24
4	Biên độ biến động	7	103	1,40	0,21	1,00	0,17
5	Độ lệch tiêu chuẩn	4	28	0,68	0,04	0,25	0,02
6	Hệ số biến động (CV%)	10,83	16,02	9,43	4,07	5,75	31,07

Từ kết quả ở bảng 6 cho thấy, Số loài (S) trung bình đạt 35 loài/ô, dao động từ 28 đến 41 loài; hệ số biến động (Cv%) chỉ ở mức 10,83% cho thấy sự phân bố khá đồng đều giữa các ô tiêu chuẩn. Mật độ cây (N) trung bình là 176 cây/ô, tương ứng 882 cây/ha, với Cv% = 16,02%. Chỉ số d_{Margalef} trung bình đạt 6,50 và dao động từ 5,12 đến 7,38 phản ánh mức độ giàu có về loài cây gỗ khu vực nghiên cứu ở mức độ trung bình nhưng gần tiệm cận đến mức độ cao. Chỉ số đa dạng Shannon-Wiener (H') tính theo log₂ trung bình đạt 4,41 và dao động từ 3,82 đến 4,73. Điều này phản ánh cấu trúc loài đa dạng và không có sự chi phối quá mạnh của một số ít loài chiếm ưu thế. Chỉ số J' trung bình là 0,86, cho thấy sự phân bố cá thể tương đối đồng đều giữa các loài. Đồng thời, chỉ số ưu thế λ (Lambda') chỉ báo sự thống trị sinh thái có giá trị trung bình thấp (0,06) điều này càng khẳng định tính ổn định về mặt cấu trúc quần xã cây gỗ.

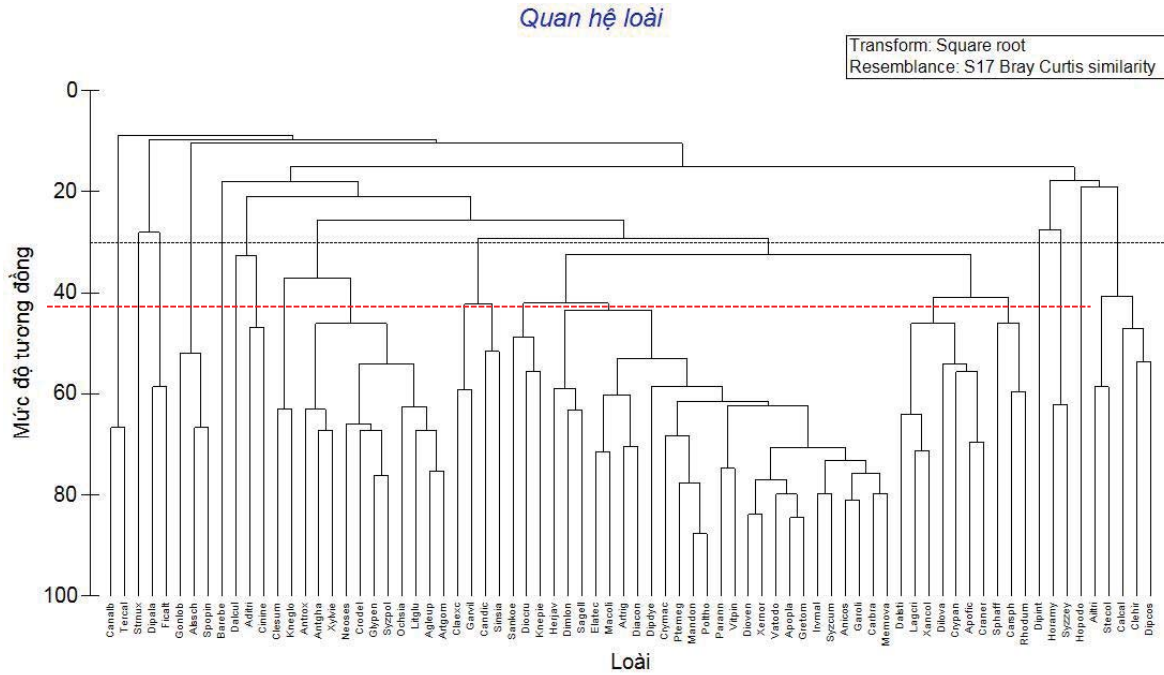
Kết quả phân tích hệ số tương đồng về thành phần loài cây gỗ giữa 15 QXTV cho thấy mức độ tương đồng dao động trong khoảng từ 35,8 đến 75,2%. Mức tương đồng cao (> 70%) với 03/105 cặp ô được ghi nhận giữa OTC6 và OTC 7 (75,3%), OTC6 và OTC8 (71,8%), OTC 8 và OTC10 (74,6%) phản ánh các ô này có thành phần loài tương đối tương đồng. Ngược lại, có đến 85/105 cặp ô thể hiện mức tương đồng thấp (dưới 60%), cho thấy sự phân hóa rõ rệt về thành phần loài cây gỗ giữa các QXTV.

Phân tích sơ đồ nhánh từ hình 3 cho thấy, các loài cây gỗ được chia thành nhiều nhóm có mức độ tương đồng về sự xuất hiện và cấu trúc quần thể khác nhau. Với mức tương đồng 50% có 27 nhóm loài, trong đó có 10 loài đứng tách biệt bao gồm: Mã tiền (Strnux), Chiếc tam lang (Barebe), Cẩm lai (Dalcu), Vàng vé (Aditri), Quế rừng (Cinine), Sấu tía (Sankoe), Chùm

đuông (Sphaff), Dầu lông (Dipint), Sao đen (Hopodo) và Còng tía (Calcal).

Mức độ tương đồng thấp của nhiều loài cho thấy tính đa dạng cao về thành phần loài trong khu

vực nghiên cứu, đồng thời phản ánh khả năng thích ứng và phân hóa sinh thái cao giữa các loài cây gỗ phù hợp với đặc điểm của các quần xã rừng nhiệt đới thường xanh.



Hình 3. Sơ đồ nhánh mối quan hệ giữa các loài của trạng thái rừng TXG ở mức 50%

3.5. Trữ lượng carbon trên mặt đất ở trạng thái rừng giàu

Kết quả trữ lượng carbon tích tụ theo từng loài đối với trạng thái rừng TXG được trình bày ở bảng 7.

3.5.1. Kết cấu trữ lượng carbon tích tụ theo từng loài

Bảng 7. Lượng carbon tích tụ theo từng loài đối với trạng thái rừng TXG

TT	Tên loài	Tên khoa học	N (cây/ha)	C (tấn/ha)	C%	CO ₂ (tấn/ha)
1	Dầu song vàng	<i>Dipterocarpus dyeri</i>	53	29,34	21,43	107,59
2	Cây	<i>Irvingia malayana</i>	26	16,19	11,82	59,36
3	Lầu tấu trắng	<i>Vatica odorata</i>	77	9,11	6,65	33,40
4	Trâm mốc	<i>Syzygium cumini</i>	32	8,47	6,18	31,04
5	Trường quả nhỏ	<i>Xerospermum noronhianum</i>	61	6,25	4,56	22,91
Cộng 5 loài			248	69,36	50,65	254,30
71 loài khác			634	67,56	49,35	247,73
Tổng cộng (76 loài)			882	136,92	100,00	502,03

Từ kết quả ở bảng 7 cho thấy, tổng lượng carbon tích tụ của 76 loài cây gỗ trong trạng thái TXG tại khu vực nghiên cứu đạt 136,92 tấn C/ha (tương đương 502,03 tấn CO₂/ha), phản

ánh tiềm năng lưu giữ carbon đáng kể của hệ sinh thái TXG. Đáng chú ý, 5 loài ưu thế gồm Dầu song vàng, Cây, Lầu tấu trắng, Trâm mốc và Trường quả nhỏ đóng góp 50,65% tổng

lượng carbon (69,36 tấn C/ha), mặc dù chỉ chiếm 28,12% tổng số cây. Trong đó, Dầu song nòng tích lũy 29,34 tấn C/ha (21,43%), cho thấy kích thước cây lớn và tốc độ sinh trưởng vượt trội của loài này đóng vai trò then chốt trong cân bằng carbon.

Sự đóng góp nổi bật của các loài gỗ lớn khẳng định tầm quan trọng của việc bảo tồn và phục hồi các loài chủ chốt, đặc biệt là Dầu song nòng, nhằm tối ưu hóa khả năng hấp thụ carbon và lưu giữ carbon của rừng. Kết quả này cũng cho thấy hệ sinh thái TXG vừa giàu đa dạng sinh học,

vừa có khả năng lưu giữ carbon sinh học ở mức cao, tương đương hoặc vượt ngưỡng trung bình của các nghiên cứu trước đây về TXG tại Việt Nam (Nguyễn Việt Lương *et al.*, 2018; Nguyễn Văn Hợp *et al.*, 2021).

3.5.2. Kết cấu trữ lượng carbon tích tụ trong các ô tiêu chuẩn

Kết quả trữ lượng carbon tích tụ trong các ô tiêu chuẩn đối với trạng thái rừng TXG được trình bày ở bảng 8.

Bảng 8. Lượng carbon tích tụ trong các ô tiêu chuẩn đối với trạng thái rừng TXG

OTC (QXTV)	N (cây/ha)	D _{1,3} (cm)	H _{vn} (m)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)	C (tấn/ha)	CO ₂ (tấn/ha)
OTC1	975	17,6	15,4	36,4	356,7	147,92	542,38
OTC2	995	15,0	12,0	33,5	307,4	115,20	422,40
OTC3	775	18,4	13,2	37,5	350,9	144,85	531,13
OTC4	895	18,6	13,5	40,4	370,5	140,02	513,41
OTC5	615	19,8	13,8	30,0	272,8	125,36	459,67
OTC6	1130	15,3	13,2	29,5	225,5	92,28	338,36
OTC7	1110	15,6	13,0	32,9	262,9	100,17	367,30
OTC8	990	14,9	12,9	27,3	211,4	85,61	313,91
OTC9	900	20,9	13,9	44,7	370,3	167,69	614,85
OTC10	890	18,3	13,3	37,8	317,8	132,86	487,15
OTC11	850	18,3	16,9	33,8	333,2	147,64	541,33
OTC12	725	20,5	15,8	39,5	405,9	167,46	614,01
OTC13	785	20,2	16,1	41,7	428,4	177,55	651,02
OTC14	790	19,3	16,7	41,0	433,9	176,33	646,53
OTC15	805	16,8	15,5	31,2	320,7	132,84	487,07

Kết quả phân tích 15 ô tiêu chuẩn (OTC) cho thấy tổng lượng carbon tích lũy trong trạng thái TXG đạt trung bình 136,92 tấn C/ha (tương đương 502,03 tấn CO₂/ha) (bảng 8). Đây là mức cao, phản ánh tiềm năng hấp thụ và lưu giữ carbon đáng kể của hệ sinh thái rừng khu vực nghiên cứu.

Giữa các OTC, lượng carbon có sự biến động rõ rệt, dao động từ 85,61 tấn C/ha (OTC8) đến 177,55 tấn C/ha (OTC13), với độ lệch chuẩn SD = 29,28 tấn/ha và hệ số biến động CV = 21,39%, cho thấy mức phân tán trung bình. Sự chênh

lệch này chủ yếu do sự khác biệt về cấu trúc rừng (mật độ, tổ thành loài) và sự hiện diện của các cây gỗ lớn.

Đáng lưu ý, mật độ cây không tỷ lệ thuận với lượng carbon tích tụ. Ví dụ, OTC6 có mật độ cao nhất (1.130 cây/ha) nhưng chỉ đạt 92,28 tấn C/ha, trong khi OTC13 với mật độ thấp hơn (785 cây/ha) lại tích lũy tới 177,55 tấn C/ha. Điều này khẳng định rằng kích thước cây và loài ưu thế đóng vai trò quyết định trong lưu giữ carbon hơn là mật độ đơn thuần.

3.6. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu về cấu trúc, đa dạng loài và trữ lượng carbon của trạng thái rừng lá rộng thường xanh giàu tại Vườn Quốc gia (VQG) Lò Gò - Xa Mát cho thấy một hệ sinh thái có cấu trúc tương đối ổn định, đa dạng sinh học cao và tiềm năng tích lũy carbon lớn. Mật độ trung bình 882 cây/ha, đường kính trung bình 18,0 cm và chiều cao trung bình 14,3 m phản ánh trạng thái rừng phục hồi tốt và phát triển cân bằng giữa các nhóm cây trung bình và lớn. So sánh với nghiên cứu tại VQG Phước Bình (589 cây/ha; $D_{1,3} = 19,3$ cm; $H = 13,4$ m) của Ngô Tiến Phát và đồng tác giả (2023) cho thấy ở Lò Gò - Xa Mát có mật độ, đường kính và chiều cao trung bình cao hơn ở Phước Bình.

Đa dạng thành phần loài là một điểm nổi bật của khu vực nghiên cứu, với 76 loài thuộc 39 họ. Khi so sánh với các nghiên cứu trước đây, kết quả ở nghiên cứu này phản ánh nhiều điểm tương đồng nhưng cũng có một số khác biệt đáng chú ý. Rừng lá rộng thường xanh giàu tại Lò Gò - Xa Mát (76 loài, 39 họ) có mức độ phong phú về loài cao hơn đáng kể so với Tuy Đức - Đắk Nông (42 loài, 26 họ) (Nguyễn Văn Hợp *et al.*, 2021) nhưng thấp hơn so với VQG Phước Bình (113 loài, 45 họ) (Ngô Tiến Phát *et al.*, 2023). Họ Dầu vẫn giữ vai trò ưu thế rõ rệt tại VQG Phước Bình và Lò Gò - Xa Mát, trong khi ở Đắk Nông, thành phần ưu thế mang tính phân tán hơn với sự xuất hiện phổ biến của họ Thầu dầu và họ Cà phê.

Chỉ số đa dạng loài Shannon-Wiener ($H' = 4,41$) và chỉ số đồng đều $J' = 0,86$ thu được tại khu vực nghiên cứu cho thấy mức độ đa dạng sinh học cao và sự phân bố tương đối đồng đều giữa các loài cây gỗ. Những giá trị này vượt trội so với nhiều nghiên cứu trước đây tại các khu vực rừng tự nhiên ở miền Trung và Tây Nguyên. Cụ thể, H' chỉ đạt 2,14 tại Đắk Nông (Nguyễn Văn Hợp *et al.*, 2021), 3,25 tại Khu Bảo tồn Thiên nhiên Thần Sa - Phước Hoàng (Nguyễn Thị

Thoa, 2013), 3,58 tại Vườn Quốc gia Bidoup - Núi Bà (Nguyễn Văn Hợp, 2017), và 3,22 tại Khu Bảo tồn Thiên nhiên Sơn Trà, Đà Nẵng (Phạm Thị Kim Thoa, 2012). So sánh với kết quả gần đây của Bùi Hữu Quốc và Nguyễn Văn Quý (2023) cũng tại Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, nơi chỉ số H' đạt 3,76 đối với trạng thái TXG, cho thấy mức độ đa dạng sinh học ở thời điểm hiện tại đã tăng lên rõ rệt. Điều này phản ánh quá trình phục hồi tích cực và hiệu quả quản lý bảo tồn trong thời gian qua.

Đáng chú ý, sự hiện diện của 55 loài cây gỗ có tên trong Sách Đỏ IUCN (2025), 3 loài thuộc Sách Đỏ Việt Nam (2024) và 1 loài được xếp vào nhóm IIA theo Nghị định 84/2021/NĐ-CP đã khẳng định giá trị bảo tồn nổi bật của hệ sinh thái TXG tại khu vực nghiên cứu. Mặc dù nhóm loài quý hiếm chiếm tới 26,3% tổng số loài được ghi nhận, song không có loài nào thuộc nhóm cực kỳ hiếm hoặc cực kỳ nguy cấp theo tiêu chí IR, cho thấy hệ sinh thái có tiềm năng phục hồi tốt và khả năng duy trì tính ổn định đa dạng loài trong dài hạn. Đây là cơ sở quan trọng để đề xuất các chiến lược bảo tồn và phát triển rừng theo hướng bền vững, đồng thời tăng cường khả năng thích ứng với biến đổi khí hậu.

Về trữ lượng carbon, kết quả nghiên cứu cho thấy tổng lượng carbon trên mặt đất đạt 136,92 tấn C/ha (tương đương 502,03 tấn CO_2 /ha), cao hơn mức 107 - 120 tấn C/ha tại Tuy Đức - Đắk Nông (Nguyễn Văn Hợp *et al.*, 2021). So với nghiên cứu của Võ Đại Hải và đồng tác giả (2015) tại Tây Nguyên với khoảng 140 - 150 tấn C/ha, kết quả này ở mức tương đương, phản ánh tiềm năng lưu giữ carbon đáng kể của TXG Lò Gò - Xa Mát. Đặc biệt, 5 loài gỗ lớn (Dầu Song nà, Cây, Lầu tấu trắng, Trâm mốc, Trường quạ nhỏ) đóng góp 50,65% tổng lượng carbon, nhấn mạnh vai trò then chốt của cây gỗ lớn bản địa trong cân bằng carbon và ổn định cấu trúc rừng.

Sự phân bố không đồng đều của lượng carbon giữa các ô tiêu chuẩn (dao động từ 85,61 -

177,55 tấn C/ha) phản ánh ảnh hưởng mạnh mẽ của cấu trúc quần xã và sự hiện diện của cây gỗ lớn. OTC6, dù có mật độ cao nhất (1.130 cây/ha), chỉ đạt 92,28 tấn C/ha, trong khi OTC13 có mật độ thấp hơn (785 cây/ha) nhưng đạt tới 177,55 tấn C/ha. Điều này phù hợp với kết luận của nhiều nghiên cứu quốc tế (Pan *et al.*, 2011; Sullivan *et al.*, 2017) rằng kích thước cây, thay vì mật độ, là yếu tố quyết định khả năng lưu giữ carbon.

Những kết quả trên khẳng định rằng TXG tại Lò Gò - Xa Mát là một hệ sinh thái có giá trị bảo tồn và điều hòa khí hậu cao. Việc duy trì, bảo vệ và phục hồi nhóm cây gỗ lớn như Dầu Song nà, Cây, Lầu tấu trắng, Trâm mốc, Trường quả nhỏ là chiến lược then chốt để tăng hiệu quả hấp thụ CO₂ và bảo tồn đa dạng sinh học. Ngoài ra, trữ lượng carbon lưu giữ trên mặt đất cao (136,92 tấn C/ha), phản ánh tiềm năng đóng góp vào các mục tiêu giảm nhẹ biến đổi khí hậu. Tuy nhiên, giá trị này chỉ được hiện thực hóa trong các cơ chế như REDD+, chi trả dịch vụ môi trường rừng (PFES) hoặc thị trường carbon tự nguyện khi có các biện pháp quản lý và phục hồi hiệu quả nhằm hạn chế mất rừng, ngăn suy thoái và tăng hấp thụ carbon, qua đó tạo ra lượng giảm phát thải và tín chỉ carbon có thể giao dịch.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu tại 15 ô tiêu chuẩn (2.000 m²/ô) ở Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát cho thấy trạng thái rừng lá rộng thường xanh giàu có cấu trúc điển hình của rừng nhiệt đới phục hồi tốt, thể hiện qua mật độ cây gỗ cao và thành phần loài phong phú. Thành phần loài và cấu trúc tầng tán được định hình chủ yếu bởi các loài cây gỗ bản địa ưu thế, đặc biệt là họ Dầu (Dipterocarpaceae) và loài *Dipterocarpus dyeri*, có kích thước lớn và đóng góp tỷ lệ cao vào tổng trữ lượng carbon. Chỉ số đa dạng loài cây gỗ ($H' = 4,41$; $J' = 0,86$) và sự hiện diện của nhiều loài quý hiếm, nguy cấp khẳng định giá trị bảo tồn nổi bật của hệ sinh thái rừng TXG. Trữ lượng carbon trên mặt đất đạt 136,92 tấn C/ha (tương đương 502,03 tấn CO₂/ha), chủ yếu tập trung ở nhóm cây gỗ kích thước lớn. Kết quả này là cơ sở khoa học quan trọng phục vụ quản lý rừng bền vững, bảo tồn đa dạng sinh học và áp dụng các biện pháp giảm nhẹ biến đổi khí hậu, đặc biệt trong khuôn khổ Chương trình REDD+ (Giảm phát thải khí nhà kính do mất rừng và suy thoái rừng; Bảo tồn trữ lượng carbon rừng; Quản lý bền vững tài nguyên rừng; Tăng cường trữ lượng carbon rừng), nơi trữ lượng carbon và khả năng hấp thụ carbon là thông số then chốt để xây dựng kế hoạch và đánh giá hiệu quả.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Ban Quản lý Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, 2021. Phương án quản lý rừng bền vững của Ban Quản lý Vườn Quốc gia Lò Gò - Xa Mát, giai đoạn 2021 - 2030. Tây Ninh, Việt Nam, 222 trang.
2. Bohn FJ & Huth A. 2017. The importance of forest structure to biodiversity-productivity relationships. Royal Society Open Science. 4: 160521. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.160521>.
3. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2018. Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT ngày 16 tháng 11 năm 2018 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành quy định chi tiết về nội dung điều tra, kiểm kê rừng; phương pháp, quy trình điều tra, kiểm kê rừng và theo dõi diễn biến rừng.
4. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2022. Thông tư số 26/2022/TT-BNNPTNT ngày 30 tháng 12 năm 2022 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn quy định về quản lý, truy xuất nguồn gốc lâm sản.
5. Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, 2023. Thông tư số 16/2023/TT-BNNPTNT ngày 15/12/2023 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành sửa đổi, bổ sung một số điều của Thông tư số 33/2018/TT-BNNPTNT ngày 16/11/2018 của Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn quy định về điều tra, kiểm kê và theo dõi diễn biến rừng.

6. Brown, S., 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests: A primer. FAO Forestry Paper No. 134. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://www.fao.org/3/W4095E/W4095E00.htm>
7. Brown S., 2002. Measuring carbon in forests: Current status and future challenges. Environmental pollution, Barking, Essex: 1987. 116(3): 363-72. DOI: 10.1016/s0269-7491(01)00212-3.
8. 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(6): trang 96-106 <<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.12.6.2023.096-106>>.
9. Chave, J., Andalo, C., Brown, S., Cairns, M. A., Chambers, J. Q., Eamus, D., Fölster, H., Fromard, F., Higuchi, N., Kira, T., Lescure, J.-P., Nelson, B. W., Ogawa, H., Puig, H., Riera, B., & Yamakura, T., 2005. Tree allometry and improved estimation of carbon stocks and balance in tropical forests. *Oecologia*, 145, 87-99. <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0100-x>.
10. Chính phủ nước CHXHCN Việt Nam, 2019. Nghị định số 84/2021/NĐ-CP sửa đổi Nghị định 06/2019/NĐ-CP về quản lý thực vật rừng, động vật rừng nguy cấp, quý, hiếm và thực thi Công ước về buôn bán quốc tế các loài động vật, thực vật hoang dã nguy cấp.
11. Eggleston H.S., Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara & Kiyoto Tanabe, 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
12. Fernando E., 1998. Forest Formations and Flora of the Philippines: Handout in FBS 21. College of Forestry and Natural Resources, University of the Philippines at Los Banos, unpublished.
13. Food and Agriculture Organization, 2020. Global Forest Resources Assessment 2020 - Main report. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>.
14. Food and Agriculture Organization, 1997. Forest Volume and Biomass. FAO Forestry Paper 134. <https://www.fao.org/4/w4095e/w4095e06.htm>.
15. Guarino, C., & Napolitano, F., 2006. Community habitats and biodiversity in the Taburno - Camposauro Regional Park. Woodland, rare species, endangered species and their conservation. *Journal of Silviculture and Forest Ecology*, 3, 527-541. DOI: <https://doi.org/10.3832/efor0419-0030527>.
16. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, 2025. The IUCN Red List of Threatened Species.
17. Kaushal, S., & Baishya, R., 2021. Stand structure and species diversity regulate biomass carbon stock under major Central Himalayan forest types of India. *Ecological Processes*, 10(1), 14. <https://doi.org/10.1186/s13717-021-00283-8>
18. Margalef R., 1968. Perspectives in Ecological Theory. University of Chicago Press, Chicago.
19. Ngô Tiến Phát, Phan Minh Xuân, Nguyễn Minh Cảnh, 2023. Đặc điểm cấu trúc và đa dạng loài cây gỗ ở rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh trung bình thuộc khu vực Ban Quản lý Vườn Quốc gia Phước Bình, tỉnh Ninh Thuận. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn. 1: 71-81.
20. Nguyễn Thị Thoa, 2013. Phân tích một số chỉ số đa dạng sinh học loài cây gỗ của thảm thực vật rừng trên núi đá vôi tại Khu Bảo tồn Thiên nhiên Thần Sa - Phước Hoàng, tỉnh Thái Nguyên. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp. Số 4: 2961 - 2967.
21. Nguyễn Văn Hợp, 2017. Một số đặc điểm hệ thực vật thân gỗ của kiểu phụ rừng lùn tại Vườn Quốc gia Bidoup - Núi Bà tỉnh Lâm Đồng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp, Số 3: 27-35.
22. 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. số 1/2021: trang 92 - 101 <<https://www.researchgate.net/publication/350965812>>.
23. Nguyễn Viết Lương, Tô Trọng Tú, Trình Xuân Hồng, Lê Trần Chấn, Tống Phúc Tuấn và Nguyễn Hữu Tứ, 2018. Tiềm năng hấp thụ CO₂ của một số loại rừng tại các Vườn Quốc gia và khu dự trữ sinh quyển ở Việt Nam. <<https://www.researchgate.net/publication/326148999>>.
24. Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., & Hayes, D., 2011. A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988-993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>.

25. Pearson, T. R. H., Brown, S. L., & Birdsey, R. A., 2007. Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon (General Technical Report NRS-18). USDA Forest Service, Northern Research Station <<https://winrock.org/wp-content/uploads/2016/03/Measurement-Guidelines.pdf>>.
26. Phạm Thị Kim Thoa, 2012. Phân tích chỉ số đa dạng sinh học của thực vật thân gỗ trong Khu Bảo tồn Thiên nhiên Sơn Trà - TP. Đà Nẵng. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp. Số 3: 2301-2309.
27. Pielou E.C., 1975. Ecological diversity. Wiley - Interscience Publication, London.
28. Shannon C.E. & Wiener W., 1963. The mathematical theory of communication. The University of Illinois Press. Urbana.
29. Simpson E.H., 1949. Measurment of diversity. Nature, London. 163: 688.
30. Sørensen T., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. Kongelige Danske Videnskabernes Selskab. 5(4): 1-34.
31. Sullivan, M. J. P., Talbot, J., Lewis, S. L., Phillips, O. L., Qie, L., Begne, S. K., Chave, J., Cuni-Sánchez, A., Hubau, W., Lopez-Gonzalez, G., Bongers, F., Peña-Claros, M., & Sheil, D., 2017. Diversity and carbon storage across the tropical forest biome. Scientific Reports, 7, Article 39102. <https://doi.org/10.1038/srep39102>.
32. Thái Văn Trùng, 1999. Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
33. Trần Hợp, 2002. Tài nguyên cây gỗ Việt Nam. NXB Nông nghiệp Hà Nội.
34. Võ Văn Chi, 2003. Từ điển thực vật thông dụng. Tập 1. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Thành phố Hồ Chí Minh, 1.252 trang.
35. Võ Văn Chi, 2004. Từ điển thực vật thông dụng. Tập 2. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Thành phố Hồ Chí Minh, 2.670 trang.
36. Viện Bảo tồn Thiên nhiên và Đa dạng Sinh học Việt Nam, NBCA, 2025. Sách Đỏ Việt Nam 2024: Loài nguy cấp, quý, hiếm. Available at: <https://nbca.gov.vn/doi-tuong-bao-ton/loai-nguy-cap-quy-hiem/sach-do-viet-nam/> [Accessed 26 March 2025].
37. Vo Dai Hai, Tran Van Do, Dang Thinh Trieu, Tamotsu Sato & Osamu Kozan, 2015. Carbon Stocks in Tropical Evergreen Broadleaf Forests in Central Highland, Vietnam. International Forestry Review. 17(1)(1): 20-29. <https://doi.org/10.1505/146554815814725086>.
38. Zanne A.E., Lopez-Gonzalez G., Coomes D.A., Ilic J., Jansen S., Lewis S.L., Miller R.B., Swenson N.G., Wiemann M.C. & Chave J., 2009. Global wood density database. Dryad. <http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>.

Email tác giả liên hệ: nmcanh@hcmuaf.edu.vn

Ngày nhận bài: 02/08/2025

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 07/08/2025; 09/08/2025

Ngày duyệt đăng: 19/08/2025