The forest structure and diversity of woody species in poor evergreen broadleaf natural forests located in Ninh Dien, Hoa Hoi, and Phuoc Vinh Communes of Tay Ninh province

Canh M. Nguyen[1*], Van T. M. Nguyen[2], Dung A. Pham[3], Hai T. M. Nguyen[1], Vu T. Cong[1], & Khoi M. Ka[1]

[1]Faculty of Forestry, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam

[2]Tay Ninh Provincial Forest Protection Department, Tay Ninh, Vietnam

[3]Green Prairie Trading & Construction Company Limited, Ho Chi Minh City, Vietnam

ARTICLE INFO

Research Paper

Received: November 02, 2025
Revised: December 23, 2025
Accepted: December 29, 2025

Keywords

Biodiversity
Forest structure
Natural forest rehabilitation
Natural regeneration
Poor evergreen broad-leaved forest

***Corresponding author**

Nguyen Minh Canh
Email: nmcanh@hcmuaf.edu.vn

ABSTRACT

Poor evergreen broadleaf natural forests constitute an important component of tropical forest ecosystems, playing a critical role in maintaining biodiversity and providing a foundation for sustainable forest restoration. This study aimed to assess stand structure, natural regeneration characteristics, and tree species diversity of poor evergreen broadleaf natural forests on lowland hills in Ninh Dien, Hoa Hoi, and Phuoc Vinh communes, Tay Ninh Province, as a scientific basis for forest management and restoration. A total of 47 tree species belonging to 24 families were recorded, with Dipterocarpaceae as the dominant family; Fabaceae, Sapindaceae, Chrysobalanaceae, and Malvaceae also contributed substantially to the stand composition. Five species of ecological importance were identified, including *Vatica odorata, Hopea ferrea, Nephelium chryseum, Parinari annamensis,* and *Dipterocarpus costatus*. The mean stand density was 516 trees/ha, with an average growing stock of 84.5 m^3/ha. Diameter distribution exhibited a left-skewed unimodal pattern described by the Weibull function, while height distribution followed a normal distribution, indicating an intermediate post-disturbance recovery stage with a relatively simple stand structure. Natural regeneration was abundant, with a density of 4,288 individuals/ha, dominated by seed-origin regeneration and primarily composed of native species. Shannon-Wiener diversity and Pielou evenness indices indicated a relatively balanced species composition without absolute dominance. Based on these findings, the study proposes silvicultural measures, including assisted natural regeneration, enrichment planting with native species, and long-term monitoring of forest dynamics, contributing to the restoration and sustainable management of natural forests in the study area.

Cited as: Nguyen, C. M., Nguyen, V. T. M., Pham, D. A., Nguyen, H. T. M., Cong, V. T., & Ka, K. M. (2026). The forest structure and diversity of woody species in poor evergreen broadleaf natural forests in Ninh Dien, Hoa Hoi, and Phuoc Vinh Communes of Tay Ninh province. *The Journal of Agriculture and Development* 25(5), 10-31.

Cấu trúc rừng và đa dạng loài cây gỗ ở rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nghèo tại xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh, tỉnh Tây Ninh

Nguyễn Minh Cảnh[1*], Nguyễn Thị Mỹ Vân[2], Phạm Anh Dũng[3], Nguyễn Thị Minh Hải[1], Công Trường Vũ[1] & Ka Minh Khôi[1]

[1]Khoa Lâm Nghiệp, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM, TP. Hồ Chí Minh

[2]Chi Cục Kiểm Lâm Tỉnh Tây Ninh, Tây Ninh

[3]Công Ty TNHH Thương Mại Xây Dựng Thảo Nguyên Xanh, TP. Hồ Chí Minh

THÔNG TIN BÀI BÁO

Bài báo khoa học

Ngày nhận: 02/11/2025
Ngày chỉnh sửa: 23/12/2025
Ngày chấp nhận: 29/12/2025

Từ khóa

Cấu trúc rừng
Đa dạng sinh học
Phục hồi rừng tự nhiên
Rừng thường xanh nghèo
Tái sinh tự nhiên

***Tác giả liên hệ**

Nguyen Minh Canh
Email: nmcanh@hcmuaf.edu.vn

TÓM TẮT

Rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nghèo là một hợp phần quan trọng của hệ sinh thái rừng nhiệt đới, có vai trò duy trì đa dạng sinh học và tạo nền tảng cho phục hồi rừng bền vững. Nghiên cứu này nhằm đánh giá cấu trúc quần thụ, đặc điểm tái sinh tự nhiên và mức độ đa dạng loài cây gỗ của rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại các xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh, tỉnh Tây Ninh, làm cơ sở cho quản lý và phục hồi rừng. Kết quả ghi nhận 47 loài cây gỗ thuộc 24 họ, trong đó họ Dầu (Dipterocarpaceae) giữ vai trò ưu thế; các họ Đậu, Bồ hòn, Cám và Bông tham gia đáng kể trong cấu trúc quần xã. Năm loài có ý nghĩa sinh thái gồm Làu táu, Săng đá, Trường chua, Cám và Dầu mít. Mật độ bình quân đạt 516 cây/ha, trữ lượng 84,5 m^3/ha. Phân bố đường kính có dạng một đỉnh lệch trái theo hàm Weibull, trong khi phân bố chiều cao tuân theo hàm phân bố chuẩn, phản ánh trạng thái rừng phục hồi trung gian sau tác động với cấu trúc còn đơn giản. Tầng cây tái sinh đạt mật độ 4.288 cây/ha, chủ yếu tái sinh từ hạt, với sự tham gia mạnh của các loài bản địa. Các chỉ số Shannon và Pielou cho thấy sự cân bằng tốt giữa các nhóm loài và không có hiện tượng ưu thế tuyệt đối. Nghiên cứu đề xuất các giải pháp khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên, làm giàu rừng bằng loài bản địa và theo dõi động thái rừng, góp phần phục hồi và quản lý bền vững rừng tại khu vực nghiên cứu.

1. Đặt Vấn Đề

Rừng tự nhiên là một trong những hệ sinh thái quan trọng nhất trên hành tinh, đóng vai trò thiết yếu trong việc duy trì cân bằng sinh thái, điều hòa khí hậu, bảo vệ đất và nguồn nước, đồng thời là nơi lưu giữ phần lớn đa dạng sinh học toàn cầu (Psistaki & ctv., 2024). Rừng còn là một mắt xích then chốt trong chu trình carbon, hấp thụ khoảng 2,6 tỷ tấn CO_2 mỗi năm và góp phần giảm thiểu biến đổi khí hậu (Pan & ctv., 2011). Tuy nhiên, trong nhiều thập kỷ gần đây, diện tích và chất lượng rừng tự nhiên trên toàn cầu đã suy giảm nghiêm trọng do khai thác quá mức, chuyển đổi mục đích sử dụng đất và tác động của biến đổi khí hậu (FAO, 2018).

Cấu trúc rừng và tính đa dạng loài cây gỗ là những đặc trưng cơ bản phản ánh tình trạng, mức độ ổn định và khả năng phục hồi của hệ sinh thái rừng (Hernández-Ruedas & ctv., 2014). Theo Chazdon & ctv. (2022), việc phân tích cấu trúc tầng tán, mật độ và kích thước thân cây giúp hiểu rõ hơn về tiến trình phục hồi rừng và duy trì tính đa dạng sinh học trong giai đoạn tái sinh tự nhiên. Ngoài ra, nghiên cứu của Liu (2025) khẳng định tái sinh tự nhiên là cơ chế trung tâm đảm bảo tính kế tục của quần xã cây rừng và tăng khả năng thích ứng của rừng trước biến đổi môi trường.

Theo ước tính mới nhất, khoảng 215 triệu ha rừng nhiệt đới toàn cầu có tiềm năng tái sinh tự nhiên, tương đương khả năng hấp thụ 23,4 Gt C trong vòng 30 năm tới (Williams & ctv., 2024). Điều này nhấn mạnh vai trò của nghiên cứu đặc điểm tái sinh và cấu trúc rừng trong việc phục hồi và quản lý rừng bền vững. Ở Việt Nam, nhiều công trình đã chỉ ra mối quan hệ chặt chẽ giữa cấu trúc rừng, đa dạng loài cây gỗ và trữ lượng carbon tại Quảng Bình (Nguyen & ctv., 2024) hay Tây Nguyên (Vo, 2015). Những kết quả này khẳng định rằng việc nắm bắt đặc điểm cấu trúc tầng tán và đa dạng loài là nền tảng quan trọng để xây dựng giải pháp phục hồi và quản lý rừng hiệu quả.

Tuy nhiên, trong khi các nghiên cứu ở Việt Nam chủ yếu tập trung vào rừng lá rộng thường xanh trung bình hoặc giàu (Nguyen & ctv., 2025), các kiểu rừng lá rộng thường xanh nghèo lại ít được nghiên cứu chuyên sâu, đặc biệt ở vùng Đông Nam Bộ, nơi địa hình chủ yếu là núi đất thấp và rừng đã chịu nhiều tác động nhân sinh. Các khu vực như xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh (tỉnh Tây Ninh) hiện sở hữu diện tích rừng tự nhiên lá rộng thường xanh nghèo khoảng 4.682,96 ha, trong đó phần lớn là rừng sản xuất, với mật độ cây thấp và khả năng tái sinh chưa được đánh giá định lượng (PCTNP, 2018).

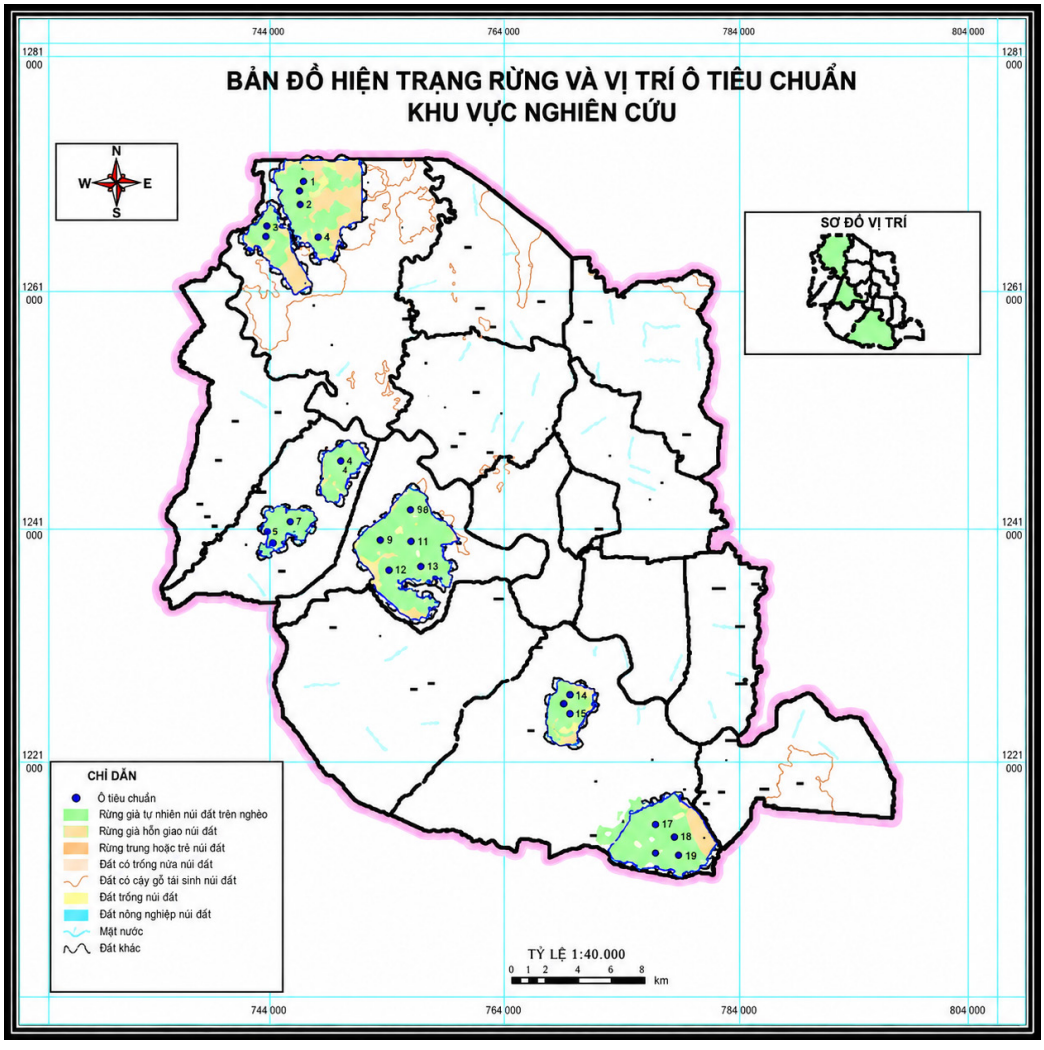
Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm (i) xác định đặc điểm cấu trúc tầng cây gỗ lớn và tầng cây tái sinh của trạng thái rừng lá rộng thường xanh nghèo tại xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh, tỉnh Tây Ninh; (ii) đánh giá mức độ đa dạng họ và loài cây gỗ của trạng thái rừng này; và (iii) đề xuất các giải pháp kỹ thuật lâm sinh phù hợp, góp phần nâng cao chất lượng rừng và sử dụng bền vững tài nguyên rừng tự nhiên tại địa phương.

2. 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 núi đất lá rộng thường xanh, trong trạng thái rừng nghiên cứu là rừng nghèo (TXN). Các ô tiêu chuẩn (OTC) được bố trí ở một số diện tích rừng tại xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh, tỉnh Tây Ninh.

Khu vực nghiên cứu có tổng diện tích tự nhiên khoảng là 34.470 ha, trong đó diện tích rừng và đất lâm nghiệp phân bố tại ba xã gồm: xã Hòa Hội có 1.731 ha (gồm 191 ha rừng đặc dụng và 1.540 ha rừng sản xuất), xã Phước Vinh có 1.559 ha rừng sản xuất và xã Ninh Điền có 1.393 ha rừng sản xuất. Khu vực có địa hình chủ yếu là đồng bằng thấp, bằng phẳng, xen kẽ đồi gò thoải với độ cao phổ biến 5 - 25 m, dốc địa hình hướng từ Đông Bắc xuống Tây Nam theo xu thế thấp dần về phía sông Vàm Cỏ Đông. Ba dạng địa hình chính gồm vùng thấp trũng, vùng trung bình và vùng đồi gò, được hình thành trên phù sa cổ, phù sa mới và một số bãi cát cổ phân bố rải rác gần biên giới Campuchia. Khu vực có khí hậu nhiệt đới gió mùa cận xích đạo với hai mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 11 chiếm 90% lượng mưa năm (trung bình 1.834 mm); mùa khô từ tháng 12 đến tháng 4 ít mưa, dễ xảy ra thiếu nước. Nhiệt độ trung bình năm 25,9°C. Về thổ nhưỡng, khu vực nằm trong vùng đất xám chiếm ưu thế (84,48% diện tích tự nhiên toàn huyện), đặc trưng bởi tầng đất nghèo dinh dưỡng, dễ thoát nước, ảnh hưởng mạnh đến sinh trưởng và cấu trúc quần xã thực vật rừng.



Hình 1. Bản đồ bố trí ô tiêu chuẩn trạng thái rừng nghèo tại khu vực nghiên cứu.

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 TXN để đặt vị trí các OTC. Tiến hành bố trí 20 OTC tạm thời với kích thước 1.000 m²/ OTC đối với trạng thái TXN (Hình 1). 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 bằng thước dây với độ chính xác là 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 0,1 m. Thành phần loài cây gỗ được xác định theo Tran (2002) và Vo (2003; 2004). Trong mỗi OTC 1.000 m², bố trí 5 ô dạng bản (5 × 5 m), tại 4 góc và tâm ô. Thống kê toàn bộ cây tái sinh có $D_{1,3} < 6$ cm và H > 10 cm. Các chỉ tiêu gồm: loài, chiều cao, nguồn gốc tái sinh (từ hạt hay từ chồi), phẩm chất cây (tốt, trung bình, xấu). Cây tái sinh phân cấp chiều cao thành 7 lớp: < 0,5; 0,5 - 1,0; 1,0 - 1,5; 1,5 - 2,0; 2,0 - 3,0; 3,0 - 5,0 và > 5,0 m.

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 20 OTC 1.000 m² ở trạng thái TXN 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.

- Phân tích kết cấu họ và loài cây gỗ: Kết cấu họ và loài cây gỗ được xác định dựa vào chỉ số giá trị quan trọng IVi% theo công thức của Thai (1999): IVi = (Ni% + Gi% + Vi%)/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 IVi > 5% và có tổng IVi > 40% thì được gọi nhóm loài cây ưu thế và đồng ưu thế; ngược lại, nếu có tổng IVi < 40% thì được gọi nhóm loài cây có ý nghĩa sinh thái.

Việc xác định kết cấu loài cây gỗ của trạng thái rừng TXN được thực hiện tính toán kết cấu chung cho tất cả những loài cây gỗ của 20 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.

- Phân tích độ hỗn giao loài và chỉ số phức tạp cấu trúc: Chỉ số hỗn giao loài (HG) và chỉ số phức tạp cấu trúc (SCI) được sử dụng để đánh giá mức độ hỗn giao và tính phức tạp của quần thụ rừng. HG được tính cho từng ô tiêu chuẩn theo công thức: HG = S/N, trong đó S là số loài cây gỗ và N là tổng số cây; theo Dawkins (1958), HG < 0,3 biểu thị hỗn giao thấp, 0,3 - 0,6 là trung bình và > 0,6 là hỗn giao cao. SCI được xác định theo Pretzsch (2009): $SCI = (S \times N \times G \times H)/10^5$, với G là tổng tiết diện ngang và H là chiều cao bình quân; SCI > 2 phản ánh cấu trúc đa tầng, ổn định sinh thái; SCI < 1,5 phản ánh cấu trúc rừng đơn giản, đang phục hồi hoặc suy thoái.

- Phân tích đặc điểm tái sinh tự nhiên dưới tán rừng:

+ Tái sinh tự nhiên đối với trạng thái rừng TXN được xác định thông qua kết cấu loài cây tái sinh, phân bố cây tái sinh theo cấp chiều cao, nguồn gốc và chất lượng cây tái sinh.

+ Kết cấu loài cây tái sinh được xác định theo công thức: IV = (n_i/N) * 100. Trong đó, n_i (cây/ha) là số cây tái sinh của loài i, N (cây/ha) là mật độ của tất cả các loài cây tái sinh.

+ Mật độ cây tái sinh (N, cây/ha) được xác định theo công thức: N (cây/ha) = (S/s) * ni. Trong đó, S = 10.000 m^2, s = diện tích ô dạng bản (25 m^2), ni = số cây tái sinh trong một ô dạng bản.

+ Sự tương đồng giữa thành phần cây tái sinh với thành phần cây trưởng thành được xác định theo hệ số tương đồng của Sørensen (1948) theo công thức: SI = [(2 * c)/(a + b)] * 100. Trong đó a và b tương ứng là số loài cây tái sinh và số loài cây gỗ trưởng thành bắt gặp trong trạng thái rừng TXN, c là số loài cây tái sinh và số loài cây gỗ trưởng thành giống nhau trong trạng thái TXN.

- 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): λ' = Σ(ni * (ni - 1)/(N * (N - 1)) và chỉ số Shannon & Weiner (H') (1963): $H' = \sum_{i=1}^{S} P_i * Ln(P_i)$. 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() = 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).

3. Kết Quả và Thảo Luận

3.1. Cấu trúc quần thụ của trạng thái rừng lá rộng thường xanh nghèo

3.1.1. Các chỉ tiêu lâm học

Kết quả tính toán từ 20 OTC của trạng thái TXN với diện tích 1.000 m^2/OTC tại khu vực nghiên cứu được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu lâm học trạng thái rừng nghèo tại khu vực nghiên cứu

STT	Chỉ tiêu	Giá trị
1	Đường kính bình quân, $D_{1,3}$ (cm)	18,8
2	Chiều cao bình quân, H_{vn} (m)	11,9
3	Tổng tiết diện ngang, ∑G (m^2/ha)	15,29
4	Mật độ bình quân, N (số cây/ha)	516
5	Trữ lượng bình quân, M (m^3/ha)	84,5

Kết quả phân tích cho thấy trạng thái rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu có mật độ trung bình 516 cây/ha, đường kính trung bình 18,8 cm, chiều cao vút ngọn trung bình 11,9 m, tổng tiết diện ngang 15,29 m^2/ha và trữ lượng trung bình 84,5 m^3/ha. Các trị số này phản ánh lâm phần có mật độ cây ở mức trung bình, kích thước thân cây khá nhỏ, tầng cây gỗ không cao và trữ lượng gỗ ở mức thấp, phù hợp với đặc trưng của trạng thái rừng lá rộng thường xanh nghèo trên núi đất khu vực Đông Nam Bộ. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu của một số tác giả về kiểu rừng lá rộng thường xanh nghèo tại Việt Nam (Cao &

Do, 2019; Bui, 2024). Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho công tác quản lý, bảo vệ và phục hồi rừng tự nhiên, đặc biệt là trong việc duy trì mật độ hợp lý, bảo vệ lớp tái sinh và hạn chế tác động của cháy rừng, góp phần phục hồi và phát triển bền vững hệ sinh thái rừng lá rộng thường xanh tại tỉnh Tây Ninh.

3.1.2. Kết cấu họ thực vật

Kết cấu họ thực vật của trạng thái TXN tính toán từ 20 ô tiêu chuẩn (1.000 m^2/ô) tại khu vực nghiên cứu được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2. Kết cấu họ thực vật của trạng thái rừng nghèo ở khu vực nghiên cứu

STT	Tên họ	N (cây/ha)	G (m^2/ha)	V (m^3/ha)	Tỷ lệ %			
					N	G	V	IV
1	Sao Dầu	161	4,87	26,8	31,2	31,8	31,8	31,6
2	Đậu	52	1,54	8,6	10,1	10,1	10,1	10,1
3	Bồ hòn	37	1,17	6,5	7,1	7,7	7,7	7,5
4	Cám	33	1,02	5,8	6,3	6,7	6,8	6,6
5	Bông	28	0,81	4,5	5,3	5,3	5,3	5,3
	Cộng 5 họ	310	9,40	52,2	60,0	61,5	61,6	61,0
19	Họ khác	207	5,89	32,3	40,0	38,5	38,4	39,0
24	Tổng số	516	15,29	84,5	100,0	100,0	100,0	100,0

N: mật độ cây gỗ lớn; G: tiết diện ngang thân cây; V: thể tích thân cây; IV: kết cấu họ thực vật.

Kết quả điều tra từ 20 ô tiêu chuẩn cho thấy rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu có 24 họ cây gỗ. Trong đó, 5 họ ưu thế và đồng ưu thế gồm họ Sao Dầu, họ Đậu, họ Bồ hòn, họ Cám và họ Bông chiếm 61,0% chỉ số giá trị quan trọng (IVi) (Bảng 2).

Họ Sao Dầu giữ vị trí ưu thế tuyệt đối với IVi = 31,6%, đóng góp tương ứng 31,2% mật độ, 31,8% tiết diện ngang và 31,8% trữ lượng, phản ánh vai trò chủ đạo trong cấu trúc tầng cây gỗ chính. Các họ tiếp theo gồm họ Đậu (IVi = 10,1%), họ Bồ hòn (7,5%), họ Cám (6,6%) và họ Bông (5,3%).

Ngược lại, 19 họ còn lại chỉ chiếm 39,0% IVi, với vai trò thứ yếu trong cấu trúc quần xã. Kết quả này cho thấy cấu trúc họ của rừng bị chi phối bởi một số họ ưu thế, song vẫn duy trì các nhóm họ đặc trưng của rừng lá rộng thường xanh vùng Đông Nam Bộ, dù đã chịu tác động khai thác và điều kiện khô hạn theo mùa.

3.1.3. Kết cấu loài cây gỗ

Kết quả tính toán về kết cấu loài cây gỗ đối với rừng TXN tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Kết cấu loài cây gỗ của trạng thái rừng nghèo ở khu vực nghiên cứu

STT	Tên thực vật	N (cây/ha)	G (m^2/ha)	V (m^3/ha)	Tỷ lệ %			
					N	G	V	IV
1	Làu táu	42	1,33	7,3	8,1	8,7	8,7	8,5
2	Săng đá	43	1,27	6,9	8,3	8,3	8,1	8,3
3	Trường chua	37	1,17	6,5	7,1	7,7	7,7	7,5
4	Cám	33	1,02	5,7	6,3	6,7	6,8	6,6
5	Dầu mít	27	0,87	4,9	5,2	5,7	5,7	5,5
	Cộng 5 loài	181	5,66	31,3	35,1	37,0	37,0	36,4
42	Loài khác	335	9,63	53,2	64,9	63,0	63,0	63,6
47	Tổng số	516	15,29	84,5	100,0	100,0	100,0	100,0

N: mật độ cây gỗ lớn; G: tiết diện ngang thân cây; V: thể tích thân cây; IV: kết cấu loài cây gỗ.

Kết quả điều tra tại 20 ô tiêu chuẩn (1.000 m^2/OTC) ghi nhận 47 loài cây gỗ trong trạng thái rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo (Bảng 3). Năm loài có ý nghĩa sinh thái bao gồm: Làu táu (*Vatica odorata*), Săng đá (*Hopea ferrea*), Trường chua (*Nephelium chryseum*), Cám (*Parinari annamensis*) và Dầu mít (*Dipterocarpus costatus*).

Nhóm 5 loài này chiếm 35,1% mật độ, 37,0% tổng tiết diện ngang và 37,0% trữ lượng, với IVi = 36,4%. Trong đó, Làu táu giữ vai trò ưu thế (IVi = 8,5%); 04 loài còn lại với IVi dao động từ 5,5 - 8,3%. 42 loài khác chiếm 63,6% IVi, song mức độ tham gia vào cấu trúc quần thụ không lớn.

Tổng thể, cấu trúc loài của rừng thể hiện tổ thành đơn giản, bị chi phối bởi một số loài bản địa có khả năng thích nghi cao với điều kiện đất nghèo dinh dưỡng và khí hậu bán khô hạn vùng núi đất thấp Tây Ninh. Công thức tổ thành loài của trạng thái rừng được xác định như sau: 0,85Lt + 0,83Sđ + 0,75Tc + 0,66C + 0,55Dm + 6,34Lk.

Kết quả này phản ánh đặc trưng của rừng lá rộng thường xanh nghèo sau tác động, đồng thời là cơ sở khoa học cho việc đề xuất các giải pháp phục hồi và quản lý rừng bền vững tại khu vực nghiên cứu.

3.1.4. Độ hỗn giao của rừng và chỉ số phức tạp về cấu trúc

Độ hỗn giao của rừng tại khu vực nghiên cứu được thể hiện qua chỉ số hỗn giao (HG) và chỉ số phức tạp về cấu trúc (SCI). Kết quả tính toán thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Chỉ số hỗn giao (HG) và chỉ số phức tạp về cấu trúc (SCI)

TT	Chỉ tiêu	Chỉ số	
		HG	SCI
1	Số ô tiêu chuẩn	20	20
2	Giá trị trung bình	0,5178	0,2528
3	Giá trị nhỏ nhất	0,4000	0,1720
4	Giá trị lớn nhất	0,6122	0,3430
5	Độ lệch chuẩn	0,0519	0,0521
6	Hệ số biến động (%)	10,0	20,6

Kết quả phân tích từ 20 ô tiêu chuẩn cho thấy chỉ số hỗn giao (HG) của rừng đạt giá trị trung bình 0,5178, dao động từ 0,4000 - 0,6122, phản ánh mức độ hỗn giao loài trung bình và sự pha trộn tương đối đồng đều giữa các ô, dù vẫn tồn tại hiện tượng ưu thế cục bộ của một số loài (Bảng 4).

Chỉ số phức tạp cấu trúc (SCI) có giá trị trung bình 0,2528 (0,1720 - 0,3430), cho thấy cấu trúc rừng còn đơn giản, các yếu tố kích thước cây, mật độ và phân tầng đã có sự phân hóa nhất định nhưng chưa hình thành cấu trúc đa tầng ổn định.

Nhìn chung, các giá trị HG và SCI phản ánh đặc trưng của rừng lá rộng thường xanh nghèo đang phục hồi sau tác động, chịu ảnh hưởng của điều kiện sinh thái bán khô hạn vùng Tây Ninh. Kết quả này cho thấy cần tăng cường bảo vệ và xúc tiến tái sinh tự nhiên, nhằm nâng cao mức độ hỗn giao loài và độ phức tạp cấu trúc của quần xã rừng.

3.1.5. Phân bố số cây theo cấp đường kính

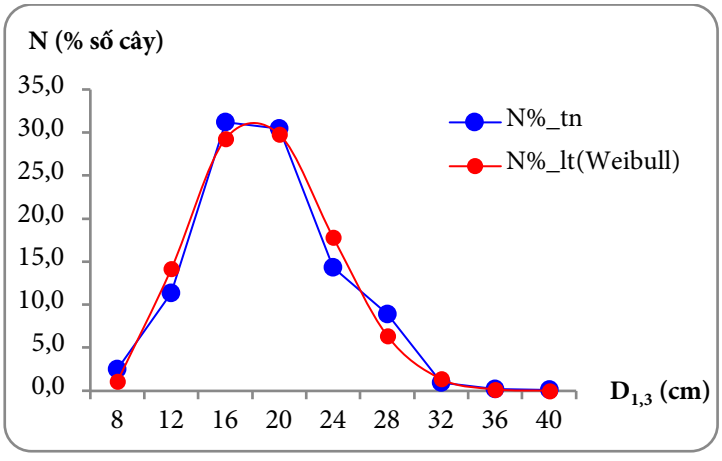
Kết quả điều tra từ 20 ô tiêu chuẩn cho thấy số cây tập trung chủ yếu ở các cấp đường kính nhỏ (6 - 22 cm), chiếm 75,83% tổng số cá thể, trong đó hai cấp 14 - 18 và 18 - 22 cm có tỷ lệ cao nhất (lần lượt 30,14 và 30,43%). Ngược lại, số cây có $D_{1,3}$ > 30 cm chỉ chiếm 1,26%, cho thấy thành phần cây gỗ lớn trong lâm phần rất hạn chế.

Phân bố số cây theo cấp đường kính có dạng một đỉnh lệch trái, đặc trưng cho rừng tự nhiên đã qua tác động và đang trong quá trình phục hồi, và được mô phỏng tốt bằng hàm Weibull (Hình 2). Phương trình cụ thể:

$$N\%lt_cd = 1-\exp(-0{,}00193065 * (D_i - 6)^{2{,}48404})$$

$$R^2 = 99{,}91\%;\ S_{y/x} = 0{,}01;\ \chi^2_{tính} = 4{,}38 < \chi^2_{bảng} = 9{,}49;\ P = 0{,}63.$$

Nhìn chung, cấu trúc đường kính của rừng núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu phản ánh sự ưu thế của cây nhỏ và trung bình, thiếu vắng cây gỗ lớn, là hệ quả của khai thác chọn và canh tác trước đây, đồng thời cho thấy tiềm năng tái sinh và kế cận vẫn đang duy trì trong quần xã.



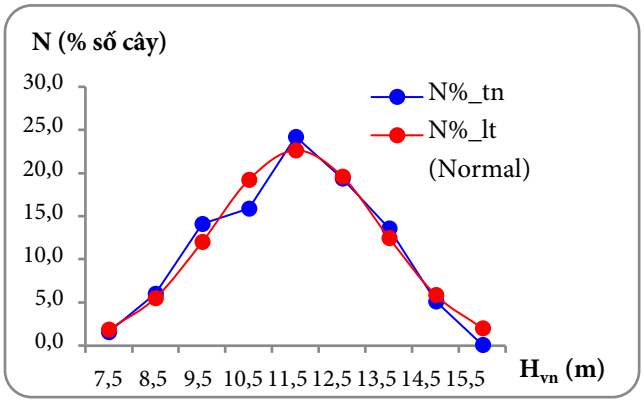
Hình 2. Đồ thị biểu diễn phân bố $N\%/D_{1,3}$ tại khu vực nghiên cứu.

3.1.6. Phân bố số cây theo cấp chiều cao

Kết quả phân tích cho thấy phần lớn cây gỗ trong trạng thái rừng nghiên cứu có chiều cao từ 8 - 13 m, chiếm 87,11% tổng số cá thể. Trong đó, nhóm cây tập trung nhiều nhất ở cấp 11 - 12 m (24,22%), tiếp đến là các cấp 10 - 11 m (15,89%) và 12 - 13 m (19,38%). Ngược lại, số cây có chiều cao trên 14 m chiếm tỷ lệ rất thấp (khoảng 5,24%).

Phân bố số cây theo cấp chiều cao thể hiện rõ đặc trưng của rừng lá rộng thường xanh nghèo sau khai thác, đang trong giai đoạn phục hồi tự nhiên, với tầng cây gỗ chủ yếu ở nhóm chiều cao trung bình. Dạng phân bố này được mô phỏng tốt theo hàm phân bố chuẩn (Hình 3), với phương trình: $N\% = 22{,}6402 \times \exp[-(Hi - 11{,}5335)^2/(2 \times 3{,}26059)]$

Kết quả kiểm định cho thấy mô hình có độ phù hợp cao ($R^2 = 99{,}91\%$; $c^2_{tính} = 2{,}16 < c^2_{bảng}$; $P = 0{,}95$), phản ánh sự ổn định tương đối của cấu trúc chiều cao và xu thế hình thành tầng cây gỗ chính trong quần xã rừng nghiên cứu.



Hình 3. Đồ thị biểu diễn phân bố $N\%/H_{vn}$ tại khu vực nghiên cứu.

3.2. Đặc điểm tái sinh tự nhiên đối với rừng lá rộng thường xanh nghèo

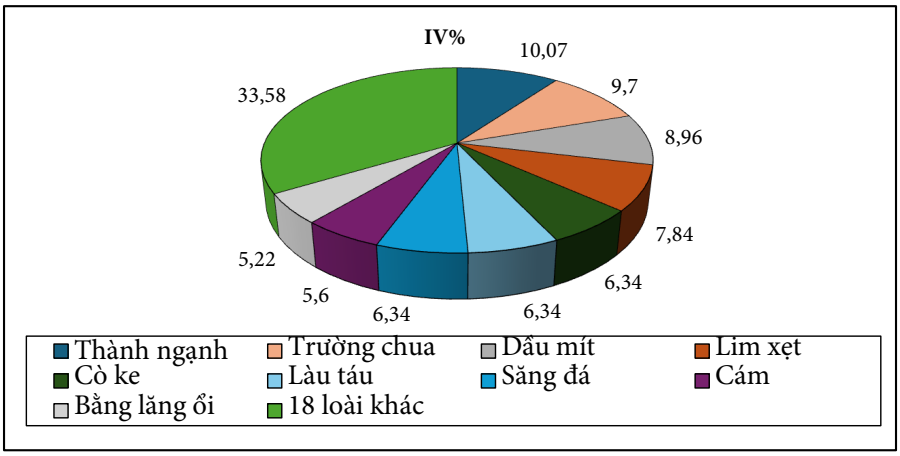
3.2.1. Kết cấu loài cây tái sinh

Kết quả nghiên cứu về kết cấu loài cây tái sinh đối với trạng thái rừng TXN tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở Hình 4.

Kết quả phân tích cho thấy tầng cây tái sinh của trạng thái rừng TXN có cấu trúc loài khá phong phú, trong đó Thành ngạnh giữ vị trí ưu thế với 432 cây/ha (10,07%), tiếp theo là Trường chua (416 cây/ha; 9,70%), Dầu mít (384 cây/ha; 8,96%) và Lim xẹt (336 cây/ha; 7,84%). Các loài Cò ke, Làu táu và Săng đá là nhóm đồng ưu thế, cùng đạt 272 cây/ha (6,34%). Ngoài ra, Cám (5,60%) và Bằng lăng ổi (5,22%) cũng tham gia đáng kể trong tổ thành tái sinh (Hình 4).

Nhóm 18 loài còn lại chiếm 33,58% tổng mật độ, phản ánh mức độ đa dạng nhất định nhưng không chi phối về mặt số lượng. Đáng chú ý, nhiều loài ưu thế ở tầng cây gỗ trưởng thành như Dầu mít, Lim xẹt và Thành ngạnh cũng xuất hiện phổ biến trong tầng tái sinh, cho thấy quá trình kế tục sinh thái diễn ra tương đối ổn định và khả năng tự duy trì của quần xã rừng khá tốt.

Tuy nhiên, sự tập trung mật độ cao ở một số loài cho thấy mức độ đồng đều tái sinh chưa cao, tiềm ẩn nguy cơ suy giảm đa dạng loài nếu rừng tiếp tục chịu tác động ngoại cảnh hoặc khai thác chọn lọc trong tương lai.



Hình 4. Đồ thị thể hiện kết cấu loài cây tái sinh tại khu vực nghiên cứu.

3.2.2. Phân bố cây tái sinh theo cấp chiều cao, nguồn gốc và chất lượng cây

Kết quả về phân bố cây tái sinh theo cấp chiều cao, nguồn gốc và chất lượng cây của trạng thái TXN tại khu vực nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 5.

Kết quả điều tra cho thấy rừng lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu có khả năng tái sinh mạnh, với mật độ trung bình 4.288 cây/ha.

Bảng 5. Phân bố cây tái sinh theo cấp chiều cao, nguồn gốc và chất lượng cây của trạng thái rừng nghèo (Đơn vị tính: 01 ha)

TT	Cấp H (m)	Tổng số		Phân chia theo nguồn gốc				Phân theo chất lượng					
		(N, cây/ha)		Hạt		Chồi		Tốt		Trung bình		Xấu	
		N	N%	N	N%	N	N%	N	%	N	%	N	%
1	< 0,5	1.424	33,2	1.328	37,4	96	13,0	32	8,3	1.312	41,8	80	10,4
2	0,5 - 1,0	896	20,9	640	18,0	256	34,8	224	58,3	464	14,8	208	27,1
3	1,0 - 1,5	656	15,3	512	14,4	144	19,6	64	16,7	384	12,2	208	27,1
4	1,5 - 2,0	448	10,4	384	10,8	64	8,7	32	8,3	320	10,2	96	12,5
5	2,0 - 3,0	384	9,0	224	6,3	160	21,7	16	4,2	208	6,6	160	20,8
6	3,0 - 5,0	320	7,5	304	8,6	16	2,2	16	4,2	288	9,2	16	2,1
7	> 5,0	160	3,7	160	4,5					160	5,1		
Tổng cộng		4.288	100	3.552	100	736	100	384	100	3.136	100	768	100

Về phân bố chiều cao, cây tái sinh tập trung chủ yếu ở cấp < 2 m, chiếm 94,1%, trong khi nhóm cây có chiều cao > 2 m chiếm 5,9%, phản ánh quá trình tái sinh đang chuyển dần từ giai đoạn cây mạ sang giai đoạn cây con có khả năng gia nhập tầng dưới tán. Xét theo nguồn gốc, cây tái sinh từ hạt chiếm ưu thế tuyệt đối (84,3%), trong khi cây tái sinh từ chồi chỉ chiếm 15,7%, khẳng định vai trò chủ đạo của tái sinh hữu tính trong hình thành thế hệ kế cận.

Xét về chất lượng, cây tái sinh tốt chiếm 8,96%, trung bình 73,13% và xấu 17,91%. Đáng chú ý, nhóm cây tái sinh triển vọng thay thế (H > 1 m, phẩm chất tốt và trung bình) đạt 1.488 cây/ha (34,7%), đảm bảo lực lượng kế cận cho tầng cây gỗ chính trong tương lai.

Hệ số tương đồng Sørensen giữa tầng cây tái sinh và tầng cây mẹ đạt 55,2%, cho thấy quá trình kế tục sinh thái đang diễn ra ở giai đoạn trung gian, trong đó một số loài ưu thế của tầng cây mẹ chưa xuất hiện phổ biến trong lớp cây con, có thể do điều kiện ánh sáng dưới tán và cạnh tranh của thảm tươi, cây bụi và dây leo.

3.3. Đa dạng họ và loài cây gỗ tại khu vực nghiên cứu

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

Kết quả phân tích từ 20 OTC của trạng thái rừng nghèo được trình bày ở Bảng 6.

Bảng 6. Đặc trưng thống kê về đa dạng họ thực vật (Đơn vị tính: 0,1 ha)

TT	Thống kê	F_H	N	d	J'	H'	λ'
1	Số ô mẫu	20	20	20	20	20	20
2	Trung bình	16	51,6	3,97	0,84	2,36	0,13
3	Độ lệch tiêu chuẩn	1,73	4,51	0,41	0,03	0,11	0,03
4	Biên độ dao động	8	16	1,86	0,13	0,44	0,11
5	Giá trị nhỏ nhất	13	44	3,13	0,76	2,17	0,08
6	Giá trị lớn nhất	21	60	4,99	0,89	2,61	0,19
7	Hệ số biến động CV%	10,4	8,7	10,4	3,5	4,8	19,6

F_H: số họ cây gỗ; N: tổng số cây trong ô mẫu; d: chỉ số giàu có về loài của Margalef; J': chỉ số đồng đều của Pielou; H': chỉ số Shannon-Weiner; : chỉ số ưu thế Simpson.

Kết quả phân tích từ 20 ô tiêu chuẩn cho thấy rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu có số họ trung bình 16 họ/0,1 ha, dao động từ 13 - 21 họ, với hệ số biến động CV = 10,4%, phản ánh mức độ phong phú họ tương đối ổn định giữa các ô. Số cây trung bình đạt 51,6 cây/0,1 ha (CV = 8,7%), cho thấy mặc dù ở trạng thái rừng nghèo, quần xã vẫn duy trì được mức độ phong phú họ khá cao.

Chỉ số phong phú họ Margalef (d) đạt trung bình 3,97 (3,13 - 4,99), trong khi chỉ số đồng đều Pielou (J') đạt 0,84 (0,76 - 0,89), phản ánh sự phân bố cá thể giữa các họ tương đối cân bằng, không có hiện tượng ưu thế tuyệt đối. Chỉ số Shannon (H') trung bình đạt 2,36 (2,17 - 2,61), cho thấy đa dạng họ ở mức trung bình khá, tương đương với nhiều kiểu rừng thường xanh thứ sinh nghèo ở vùng Đông Nam Bộ (Vu, 2025). Ngược lại, chỉ số ưu thế Simpson (λ') có giá trị thấp (0,13), phản ánh mức độ chi phối của một vài họ là không mạnh.

Nhìn chung, đa dạng họ thực vật tại khu vực nghiên cứu được duy trì ổn định, với sự hiện diện phổ biến của các họ đặc trưng của rừng lá rộng thường xanh vùng Đông Nam Bộ như họ Sao Dầu, họ Đậu, họ Thầu dầu và họ Re. Kết quả này cho thấy, mặc dù rừng ở trạng thái nghèo, tiềm năng phục hồi tự nhiên vẫn còn cao, là cơ sở quan trọng cho các giải pháp quản lý và phục hồi rừng theo hướng duy trì các họ chủ đạo và tăng cường sự xuất hiện của các họ ít loài nhằm nâng cao tính ổn định sinh thái lâu dài.

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

Kết quả phân tích từ 20 OTC của trạng thái rừng nghèo được trình bày ở Bảng 7.

Kết quả phân tích từ 20 ô tiêu chuẩn cho thấy rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu có mức độ đa dạng loài cây gỗ tương đối cao (Bảng 7). Số loài ghi nhận dao động từ 21 - 32 loài, trung bình 27 loài/0,1 ha (CV = 11,2%), phản ánh mức độ phong phú đáng kể đối với trạng thái rừng thứ sinh nghèo trong điều kiện sinh thái khô nóng đặc trưng của vùng núi đất Tây Ninh.

Bảng 7. Đặc trưng thống kê về đa dạng loài cây gỗ (Đơn vị tính: 0,1 ha)

TT	Thống kê	S	N	d	J'	H'	λ'
1	Số ô mẫu	20	20	20	20	20	20
2	Trung bình	27	52	6,51	0,94	3,08	0,04
3	Độ lệch tiêu chuẩn	2,98	4,51	0,70	0,01	0,12	0,01
4	Biên độ dao động	11	16	2,55	0,05	0,48	0,03
5	Giá trị nhỏ nhất	21	44	5,22	0,92	2,81	0,03
6	Giá trị lớn nhất	32	60	7,77	0,97	3,30	0,05
7	Hệ số biến động CV%	11,2	8,7	10,7	1,3	4,0	19,8

S: số loài cây gỗ; N: tổng số cây trong ô mẫu; d: chỉ số giàu có về loài của Margalef; J': chỉ số đồng đều của Pielou; H': chỉ số Shannon-Weiner; : chỉ số ưu thế Simpson.

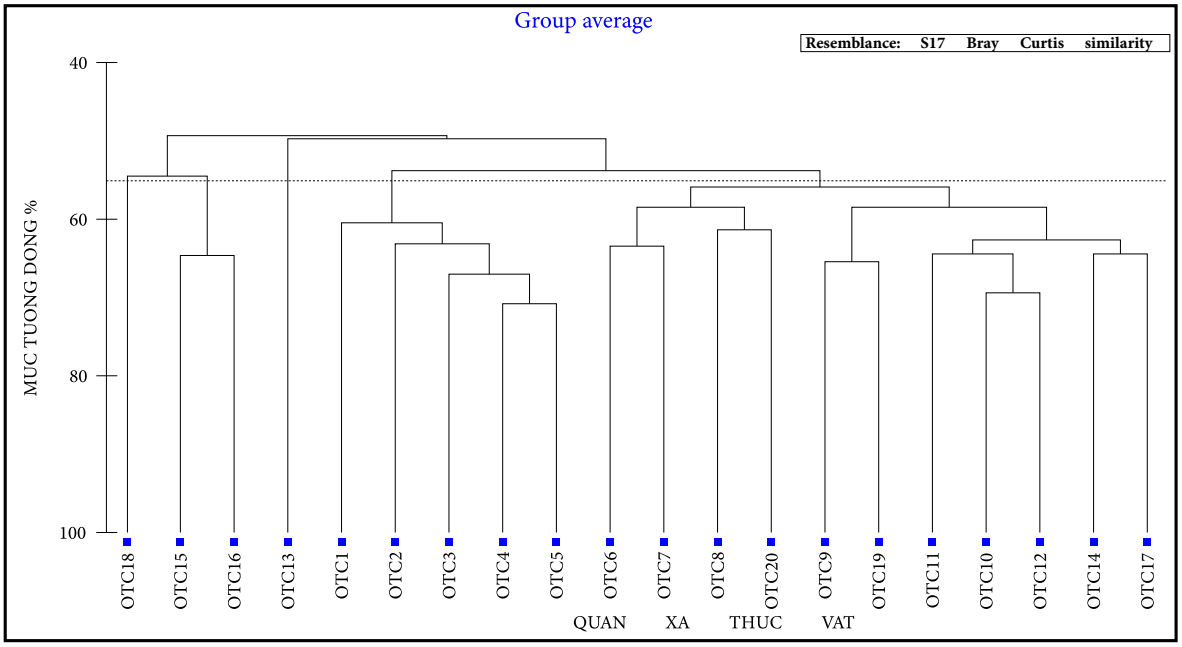
Số cá thể trung bình đạt 52 cây/0,1 ha (CV = 8,7%), cho thấy mật độ cây gỗ giữa các ô tiêu chuẩn tương đối ổn định. Chỉ số phong phú loài Margalef (d) đạt trung bình 6,51 (5,22 - 7,77), thể hiện cấu trúc tổ thành loài đa dạng trong phạm vi diện tích nhỏ. Chỉ số đồng đều Pielou (J') có giá trị cao (0,94), biến động rất thấp (CV = 1,3%), phản ánh sự phân bố cá thể giữa các loài tương đối cân bằng, hầu như không có loài chiếm ưu thế tuyệt đối.

Về mức độ đa dạng, chỉ số Shannon (H') đạt trung bình 3,08 (2,81 - 3,30), cho thấy đa dạng loài cây gỗ ở mức cao đối với rừng lá rộng thường xanh nghèo. Ngược lại, chỉ số ưu thế Simpson (λ') có giá trị thấp (0,04), củng cố nhận định rằng cấu trúc quần xã ít bị chi phối bởi một vài loài ưu thế.

Mức độ đa dạng loài ghi nhận trong nghiên cứu này tương đồng với một số kiểu rừng lá rộng thường xanh thứ sinh nghèo ở vùng Đông Nam Bộ, nơi rừng tuy nghèo về trữ lượng nhưng vẫn duy trì được tổ thành loài phong phú và phân bố tương đối đồng đều. Kết quả cho thấy hệ sinh thái rừng tại khu vực nghiên cứu vẫn còn tiềm năng phục hồi tự nhiên tốt, là cơ sở quan trọng cho các giải pháp quản lý và phục hồi rừng theo hướng bảo tồn đa dạng loài và duy trì tính ổn định sinh thái lâu dài.

3.3.3. Mối quan hệ giữa các quần xã thực vật đối với rừng lá rộng thường xanh nghèo

Phân tích nhóm (Cluster) quần xã thực vật (OTC) theo độ phong phú của các loài thực vật của trạng thái rừng nghèo (TXN) thuộc kiểu rừng lá rộng thường xanh tại khu vực nghiên cứu với hệ số tương đồng Bray-Curtis cho thấy cấu trúc quần xã có sự phân hóa rõ theo mức tương đồng được thể hiện ở Hình 5.



Hình 5. Sơ đồ nhánh các quần xã thực vật (OTC) của trạng thái rừng nghèo ở mức tương đồng 55 và 65%.

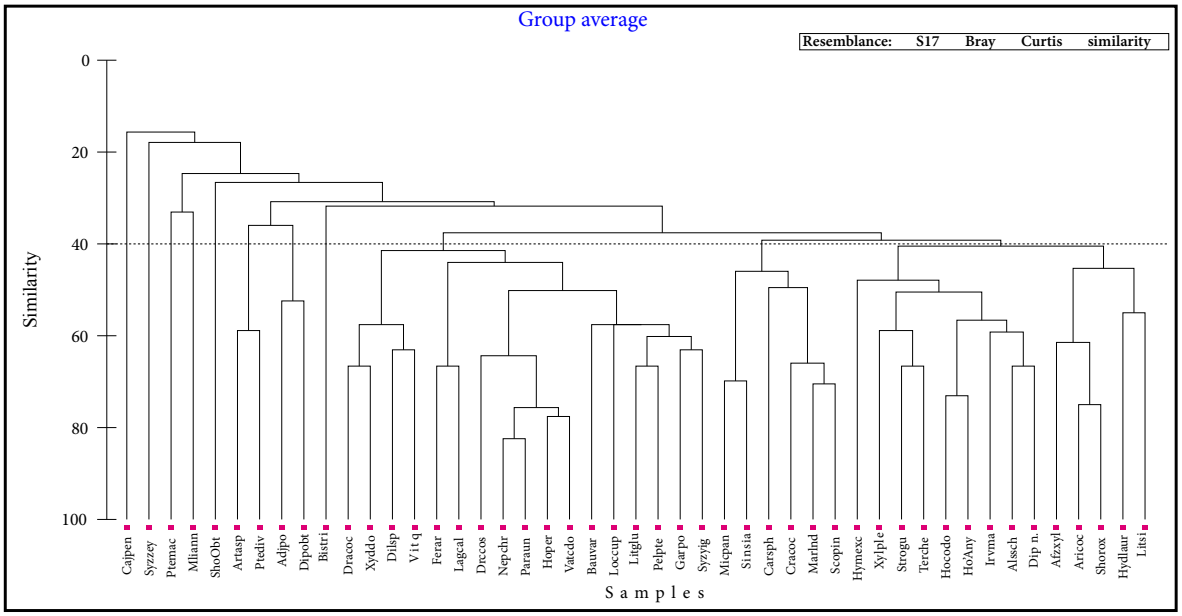
Ở mức tương đồng 55%, có hai quần xã (OTC18 và OTC13) tách biệt khỏi các quần xã còn lại, phản ánh đặc điểm sinh thái và tổ thành loài khác biệt, với mức độ tương đồng thấp hơn. Các quần xã này cần được quan tâm trong công tác bảo tồn và quản lý, do có thể đại diện cho những điều kiện lập địa hoặc lịch sử tác động riêng biệt. Các OTC còn lại có mức tương đồng tương đối cao, cho thấy cấu trúc quần xã và tổ thành loài khá đồng nhất trong phạm vi khu vực nghiên cứu.

Ở mức tương đồng 65%, sự phân hóa quần xã thể hiện rõ hơn khi có 14 OTC đứng riêng biệt (OTC18, OTC15, OTC16, OTC13, OTC1, OTC2, OTC6, OTC7, OTC8, OTC20, OTC11, OTC14 và OTC17), trong khi các OTC còn lại được chia thành ba nhóm, gồm một nhóm 3 OTC (OTC3, OTC4, OTC5) và hai nhóm 2 OTC (OTC9 - OTC19; OTC10 - OTC12). Kết quả này phản ánh mức độ dị hợp về thành phần loài giữa các quần xã, chịu ảnh hưởng của điều kiện lập địa và mức độ tác động nhân sinh khác nhau.

Nhìn chung, phân tích phân cụm cho thấy rừng lá rộng thường xanh nghèo tại khu vực nghiên cứu có tính dị thể không gian tương đối cao, dù cùng một trạng thái rừng. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng quản lý và phục hồi rừng theo nhóm quần xã, thay vì áp dụng các biện pháp đồng loạt cho toàn bộ khu vực.

3.3.4. Mối quan hệ giữa các loài đối với rừng lá rộng thường xanh nghèo

Kết quả phân tích phân nhóm loài cây gỗ bằng phương pháp Cluster, dựa trên hệ số tương đồng Bray-Curtis, cho thấy cấu trúc quần xã rừng lá rộng thường xanh nghèo có sự phân hóa rõ rệt về mối quan hệ giữa các loài (Hình 6).



Hình 6. Mối liên hệ giữa các loài ở mức tương đồng 40 và 50%.

Ở mức tương đồng 40%, các loài cây gỗ được chia thành nhiều cụm khác nhau, trong đó một số loài đứng tách biệt rõ ràng như Cà chắc (*Shorea obtusa*), Gòn (*Ceiba pentandra*), Giáng hương (*Pterocarpus macrocarpus*), Nhội (*Bischofia trifolia*), Lồng mức (*Wrightia annamensis*) và Trâm vỏ đỏ (*Syzygium zeylanicum*). Các loài này thể hiện đặc điểm thích nghi sinh thái riêng biệt, gắn với điều kiện lập địa và vị trí phân bố đặc thù. Các loài còn lại chủ yếu hình thành các cụm hỗn hợp, phản ánh sự phân bố đan xen và khả năng cùng tồn tại trong quần xã.

Ở mức tương đồng 50%, cấu trúc phân nhóm chi tiết hơn với sự hình thành nhiều nhóm nhỏ, trong đó các loài nêu trên vẫn duy trì vị trí tách biệt. Đồng thời, xuất hiện thêm hai loài đứng riêng biệt là Tai nghé (*Aporosa excelsum*) và Vừng (*Careya sphaerica*), cho thấy mức độ dị biệt sinh thái tăng lên khi xét ở ngưỡng tương đồng cao hơn.

Nhìn chung, kết quả phân tích cho thấy trong quần xã rừng lá rộng thường xanh nghèo tồn tại song song nhóm loài phổ biến có phân bố rộng và nhóm loài có yêu cầu sinh thái đặc thù, góp phần tạo nên sự đa dạng và tính không đồng nhất trong cấu trúc loài của rừng. Đây là cơ sở khoa học quan trọng cho việc định hướng bảo tồn các loài đặc thù và xây dựng giải pháp quản lý rừng phù hợp theo nhóm loài.

3.4. Ứng dụng kết quả nghiên cứu vào việc đề xuất các giải pháp kỹ thuật lâm sinh

Kết quả nghiên cứu về cấu trúc quần thụ, tái sinh tự nhiên và đa dạng họ - loài cây gỗ cho thấy rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại các xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh đang ở giai đoạn phục hồi trung gian, với cấu trúc đơn giản, trữ lượng thấp và thiếu vắng cây gỗ lớn, song lại có nguồn tái sinh dồi dào, đa dạng loài tương đối cao và sự hiện diện rõ của các loài bản địa ưu thế. Đây là cơ sở khoa học quan trọng để đề xuất các giải pháp kỹ thuật lâm sinh theo định hướng quản lý rừng bền vững, phù hợp với Luật Lâm nghiệp 2017 (NASRV, 2017) và Thông tư 28/2018/TT-BNNPTNT (MARD, 2018).

Trước hết, đặc điểm cấu trúc quần thụ với phân bố đường kính dạng một đỉnh lệch trái (Weibull) và phân bố chiều cao theo hàm chuẩn cho thấy rừng đang hình thành lại tầng tán chính nhưng chưa ổn định. Do đó, khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên theo Thông tư 17/2022/TT-BNNPTNT được xác định là giải pháp trọng tâm nhằm phục hồi mật độ, cải thiện cấu trúc đứng và bảo đảm phát triển lớp cây kế cận (MARD, 2022). Các mô hình phân bố cấu trúc được xây dựng trong nghiên cứu có thể sử dụng làm đường cong chuẩn phục vụ theo dõi động thái rừng, giám sát phục hồi và hỗ trợ kiểm kê tài nguyên rừng định kỳ.

Đối với tổ thành họ và loài cây gỗ, sự chi phối của các họ và loài bản địa đặc trưng như Dipterocarpaceae, Fabaceae, Làu táu, Săng đá, Trường chua, Cám, Dầu mít cho phép định hướng làm giàu rừng bằng loài bản địa, đặc biệt tại các khoảnh rừng có mật độ thấp hoặc tái sinh yếu, theo Thông tư 17/2022/TT-BNNPTNT (MARD, 2022). Sự xuất hiện của các loài nguy cấp, quý hiếm như Sao đen, Gõ đỏ, Căm xe, Giáng hương (Nghị định 84/2021/NĐ-CP) đòi hỏi tăng cường bảo vệ cây mẹ, bảo tồn nguồn gen và hạn chế tối đa tác động nhân sinh, kết hợp khoanh vùng và lập bản đồ phân bố phục vụ quản lý hiệu quả (GSPV, 2021).

Kết quả về độ hỗn giao và mức độ phức tạp cấu trúc cho thấy rừng chưa hình thành phân tầng rõ rệt, do đó cần áp dụng các biện pháp điều chỉnh tán che, tỉa thưa chọn lọc nhẹ và mở tán có kiểm soát, nhằm cải thiện điều kiện vi khí hậu dưới tán và thúc đẩy tái sinh mục đích phát triển.

Mặc dù mật độ tái sinh cao (4.288 cây/ha) và thành phần loài phong phú, song chất lượng tái sinh chưa đồng đều và mức độ kế thừa giữa tầng tái sinh và tầng cây mẹ còn hạn chế. Vì vậy, cần thực hiện các biện pháp dẫn dắt tái sinh như xử lý dây leo, thảm tươi, bảo vệ cây tái sinh tốt, loại bỏ cây cạnh tranh và trồng bổ sung loài bản địa ưu thế tại các vị trí tái sinh kém, nhằm nâng cao chất lượng và tính ổn định của lớp cây kế cận.

Về lâu dài, cần tăng cường ứng dụng GIS và viễn thám, đồng thời thiết lập hệ thống ô tiêu chuẩn cố định để theo dõi động thái rừng, tích hợp các chỉ tiêu cấu trúc, tái sinh và đa dạng loài vào hệ thống giám sát tài nguyên rừng theo quy định hiện hành. Sự phối hợp giữa cơ quan quản lý rừng, chủ rừng, chính quyền địa phương và cộng đồng dân cư là yếu tố then chốt nhằm nâng cao hiệu quả bảo vệ, phòng cháy chữa cháy rừng và hạn chế các tác động tiêu cực.

Tóm lại, các giải pháp kỹ thuật lâm sinh được đề xuất dựa trên kết quả nghiên cứu phù hợp với điều kiện sinh thái đặc thù của rừng lá rộng thường xanh nghèo tại Tây Ninh, đồng thời đáp ứng yêu cầu quản lý rừng bền vững trong bối cảnh hiện nay, góp phần phục hồi cấu trúc rừng, bảo tồn đa dạng sinh học và nâng cao chức năng sinh thái của hệ sinh thái rừng trong tương lai.

3.5. Thảo luận

3.5.1. Về cấu trúc quần thụ

Các chỉ tiêu lâm học cho thấy rừng lá rộng thường xanh nghèo tại Ninh Điền - Hòa Hội - Phước Vinh mang đặc trưng điển hình của quần thụ phục hồi sau tác động mạnh, với cấu trúc đơn giản, trữ lượng thấp và thiếu vắng cây gỗ lớn. Tuy nhiên, đường kính và chiều cao bình quân tương đối lớn so với nhiều khu rừng nghèo khác cho thấy đây không phải là giai đoạn phục hồi sớm, mà thuộc giai đoạn phục hồi trung gian, nơi các cá thể ưu thế còn sót lại có thời gian sinh trưởng kéo dài sau khai thác hoặc cháy rừng.

So sánh với rừng TXN tại rừng phòng hộ Dầu Tiếng (Vu, 2025) cho thấy sự khác biệt rõ về động thái phục hồi: rừng Dầu Tiếng có mật độ cao hơn nhưng kích thước cây nhỏ hơn, phản ánh giai đoạn phục hồi sớm; trong khi rừng tại khu vực nghiên cứu có mật độ thấp hơn nhưng cây lớn hơn, phù hợp với giai đoạn phục hồi trung gian. Xu thế này cũng tương đồng với các nghiên cứu tại Mường Phăng - Điện Biên (Le & ctv., 2023) và Vũ Quang - Hà Tĩnh (Do & ctv., 2023), nơi cấu trúc rừng nghèo chịu ảnh hưởng mạnh của tác động nhân sinh và chủ yếu gồm cây cỡ nhỏ - trung bình.

Về tổ thành, sự chi phối của họ Dầu, tiếp đến là họ Đậu, Bồ hòn, Cám và Bông, phản ánh đặc trưng ổn định của rừng thường xanh Đông Nam Bộ. Ở cấp loài, nhóm Làu táu, Săng đá, Trường chua, Cám và Dầu mít đều là các loài bản địa chịu hạn tốt, phù hợp với điều kiện đất xám nghèo dinh dưỡng và khí hậu bán khô hạn, cho thấy quần xã đang diễn tiến theo hướng phục hồi tự nhiên ổn định, dù vẫn thiếu các loài gỗ lớn đặc trưng của rừng giàu.

Giá trị HG ở mức trung bình và SCI thấp cho thấy rừng chưa hình thành cấu trúc đa tầng phức tạp, phù hợp với nhận định về quần thụ phục hồi đơn cấp, tương đồng với các kết quả đã ghi nhận tại Mường Phăng và Vũ Quang. Phân bố đường kính theo hàm Weibull và phân bố chiều cao theo hàm chuẩn tiếp tục khẳng định cơ chế tái sinh đang hoạt động, song quá trình tích lũy sinh khối và hình thành tầng cây lớn vẫn còn hạn chế (Nguyen & Tran, 2014; Vo, 2014; Ngo & ctv., 2023).

Nhìn chung, các chỉ tiêu cấu trúc cho thấy rừng tại khu vực nghiên cứu đang ở trạng thái phục hồi trung gian, còn đơn giản về cấu trúc nhưng có nền tảng sinh thái thuận lợi cho phục hồi tiếp theo.

3.5.2. Về đặc điểm tái sinh tự nhiên

Tầng tái sinh có mật độ cao, thành phần loài phong phú và ưu thế tái sinh từ hạt, phản ánh tiềm năng phục hồi sinh thái rõ rệt. So với rừng phòng hộ Dầu Tiếng, rừng tại khu vực nghiên cứu có mật độ tái sinh thấp hơn nhưng đa dạng loài cao hơn, cho thấy quá trình kế tục loài diễn ra phong phú và ổn định hơn về lâu dài.

Tuy nhiên, chất lượng tái sinh chủ yếu ở mức trung bình, trong khi hệ số tương đồng giữa tầng cây mẹ và tầng tái sinh chỉ đạt mức trung bình, cho thấy quá trình kế thừa loài chưa hoàn toàn hoàn chỉnh. Điều này có thể liên quan đến tán che tương đối lớn, cạnh tranh của thảm tươi và điều kiện vi khí hậu dưới tán, vốn là đặc trưng của rừng phục hồi trung gian. Do đó, mặc dù nguồn tái sinh dồi dào, rừng vẫn cần tác động lâm sinh có chọn lọc để nâng cao chất lượng và khả năng gia nhập tầng cây gỗ chính.

3.5.3. Về đa dạng họ và loài cây gỗ

Mặc dù số loài cây gỗ ghi nhận (47 loài) thấp hơn một số khu vực như rừng phòng hộ Dầu Tiếng, nhưng các chỉ số đa dạng Shannon và đồng đều Pielou lại đạt giá trị cao, cho thấy sự phân bố cá thể giữa các loài tương đối cân bằng và không bị chi phối bởi loài ưu thế tuyệt đối. Đây là đặc điểm tích cực, phản ánh tính ổn định nội tại của quần xã, dù rừng đang ở trạng thái nghèo về trữ lượng.

Kết quả phân tích Cluster cho thấy mức độ phân hóa sinh cảnh nhẹ giữa các OTC, gợi ý sự tồn tại của các vi sinh cảnh đặc thù, cần được xem xét trong công tác bảo tồn và quản lý. So với nhiều rừng nghèo khác, quần xã tại khu vực nghiên cứu thể hiện sự cân bằng tốt giữa đa dạng loài và cấu trúc, là nền tảng thuận lợi cho phục hồi bền vững.

3.5.4. Về ứng dụng kết quả nghiên cứu

Tổng hợp các kết quả về cấu trúc, tái sinh và đa dạng loài cho thấy khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên là giải pháp trọng tâm đối với rừng TXN tại khu vực nghiên cứu. Bên cạnh đó, làm giàu rừng bằng các loài bản địa ưu thế như Làu táu, Săng đá và Dầu mít sẽ góp phần cải thiện trữ lượng và tái lập tầng cây lớn.

Các mô hình phân bố đường kính (Weibull) và chiều cao (Normal) được xác lập có thể sử dụng làm công cụ theo dõi và đánh giá động thái rừng, hỗ trợ dự báo xu thế biến đổi cấu trúc. Đồng thời, việc kiểm soát cháy rừng, quản lý thảm tươi và bảo vệ cây tái sinh triển vọng là yêu cầu then chốt trong điều kiện sinh thái bán khô hạn của Tây Ninh.

Tóm lại, rừng lá rộng thường xanh nghèo tại Ninh Điền - Hòa Hội - Phước Vinh đang ở giai đoạn phục hồi trung gian, với cấu trúc còn đơn giản nhưng đa dạng loài cao và tiềm năng tái sinh rõ rệt. So sánh với các khu vực nghiên cứu khác cho thấy quần xã có tính ổn định sinh thái và khả năng phục hồi tương đối tốt; nếu được quản lý và tác động lâm sinh phù hợp, rừng hoàn toàn có khả năng chuyển dần sang trạng thái rừng trung bình và giàu trong tương lai.

4. Kết Luận

Nghiên cứu rừng tự nhiên núi đất lá rộng thường xanh nghèo tại các xã Ninh Điền, Hòa Hội và Phước Vinh, tỉnh Tây Ninh cho thấy:

Cấu trúc quần thụ phản ánh đặc trưng của rừng phục hồi trung gian sau tác động, với tầng tán trung bình chiếm ưu thế và cây gỗ tập trung chủ yếu ở nhóm đường kính nhỏ và trung bình. Phân bố đường kính có dạng một đỉnh lệch trái theo hàm Weibull, trong khi phân bố chiều cao tuân theo hàm phân bố chuẩn, cho thấy sự hình thành tương đối đồng đều của tầng tán chính. Mặc dù mật độ (516 cây/ha) và trữ lượng (84,5 m^3/ha) còn thấp, sự hiện diện của các loài bản địa chủ đạo như Làu táu, Săng đá, Trường chua và Dầu mít, cùng với chỉ số hỗn giao và mức độ phức tạp cấu trúc trung bình, cho thấy quần thụ đang từng bước hình thành cấu trúc ổn định.

Tầng cây tái sinh thể hiện tiềm năng phục hồi cao, với mật độ đạt 4.288 cây/ha, trong đó tái sinh từ hạt chiếm ưu thế (82,8%). Tuy nhiên, chất lượng tái sinh chưa đồng đều, chủ yếu thuộc nhóm phẩm chất trung bình; hệ số tương đồng giữa tầng cây mẹ và tầng tái sinh ở mức trung bình (~55,2%), cho thấy quá trình kế cận loài đang diễn ra nhưng cần được thúc đẩy nhằm nâng cao chất lượng lớp cây kế tiếp.

Đa dạng họ và loài cây gỗ được duy trì ở mức khá so với trạng thái rừng nghèo, với 47 loài cây gỗ thuộc 24 họ. Các chỉ số đa dạng Shannon và đồng đều Pielou đạt giá trị cao, phản ánh sự phân bố tương đối cân bằng giữa các loài và không có hiện tượng ưu thế tuyệt đối. Phân tích tương đồng giữa các ô tiêu chuẩn cho thấy sự phân hóa nhẹ theo vi sinh cảnh, là cơ sở quan trọng cho định hướng bảo tồn theo tiểu vùng sinh thái.

Trên cơ sở kết quả về cấu trúc, tái sinh và đa dạng loài, nghiên cứu đề xuất các giải pháp lâm sinh cho rừng lá rộng thường xanh nghèo trên núi đất, gồm: khoanh nuôi xúc tiến tái sinh tự nhiên; bảo vệ cây mẹ; điều chỉnh tán che; làm giàu rừng bằng loài bản địa; kiểm soát cháy rừng và theo dõi động thái rừng.

Nhìn chung, mặc dù đang ở trạng thái nghèo, rừng tại khu vực nghiên cứu vẫn duy trì được nền tảng sinh thái tương đối tốt và tiềm năng phục hồi rõ rệt. Việc áp dụng đồng bộ các

giải pháp lâm sinh đề xuất sẽ góp phần phục hồi cấu trúc rừng, nâng cao chất lượng và tính ổn định của hệ sinh thái, hướng tới quản lý rừng bền vững và bảo tồn đa dạng sinh học tại tỉnh Tây Ninh, đặc biệt đối với các khu rừng lá rộng thường xanh nghèo ở Đông Nam Bộ.

Lời Cam Đoan

Chúng tôi cam đoan bài báo do nhóm tác giả thực hiện và không có bất kỳ mâu thuẫn giữa các tác giả.

Tài Liệu Tham Khảo (References)

Bui, T. H. (2024). Structural characteristics of recovering natural forests at states IIIA1 and IIIA2 in Ben En National Park, Thanh Hoa Province. *Hong Duc University Journal of Science* 59, 75-83. https://hdujs.edu.vn/index.php/hdujs/article/view/90.

Cao, T. T. H., & Do, H. H. (2019). Structural characteristics and tree species diversity of natural forest at state IIIA1 on the eastern and western slopes of the ecological restoration zone of Ba Vi National Park, Hanoi. *Journal of Forestry Science and Technology* 1, 65-74.

Chazdon, R. L., Norden, N., Colwell, R. K., & Chao, A. (2022). Monitoring recovery of tree diversity during tropical forest restoration: Lessons from long-term trajectories of natural regeneration. *Philosophical Transactions of The Royal Society B* 378, 20210069. https://doi.org/10.1098/rstb.2021.0069.

Dawkins, H. C. (1958). *The management of natural tropical high-forest with special reference to Uganda*. Oxford, England: Commonwealth Forestry Institute, University of Oxford.

Do, H. H., Cao, T. T. H., & Nguyen, T. H. (2023). Some characteristics of natural regeneration in three forest states in Vu Quang National Park, Ha Tinh Province. *Journal of Forestry Science and Technology* (4), 28-36. https://journal.vnuf.edu.vn/vi/article/view/649.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2018. *The state of the world's forests 2018 - Forest pathways to sustainable development*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

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, Laguna, Philippines.

GSPV (Government of the Socialist Republic of Viet Nam). (2021). Decree No. 84/2021/ND-CP dated September 22, 2021, amending and supplementing a number of articles of Decree No. 06/2019/ND-CP on the management of endangered, precious, and rare forest flora and fauna and the implementation of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). Retrieved April 12, 2025, from https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Nghi-dinh-84-2021-ND-CP-sua-doi-Nghi-dinh-06-2019-ND-CP-quan-ly-thuc-vat-rung-488788.aspx.

Hernández-Ruedas, M. A., Arroyo-Rodríguez, V., Meave, J. A., Martínez-Ramos, M., Ibarra-Manríquez, G., Martínez, E., Jamangapé, G., Melo, F. P. L., & Santos, B. A. (2014). Conserving tropical tree diversity and forest structure: The value of small rainforest patches in moderately-managed landscapes. *Plos One* 9(6), e98931. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098931.

Le, D. T., Tran, X. T., Le, T. H., & Le, A. T. (2023). Structural characteristics and tree species diversity of evergreen closed forest in Muong Phang, Dien Bien Province. *Journal of Forestry Science and Technology* 12(5), 96-106. https://journal.vnuf.edu.vn/vi/article/view/116.

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.

MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development). (2022). Circular No. 17/2022/TT-BNNPTNT dated October 27, 2022, amending and supplementing a number of articles of Circular No. 29/2018/TT-BNNPTNT on silvicultural measures. Retrieved April 12, 2025, from https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-17-2022-TT-BNNPTNT-sua-doi-Thong-tu-29-2018-TT-BNNPTNT-bien-phap-lam-sinh-535557.aspx.

MARD (Ministry of Agriculture and Rural Development). (2018). Circular No. 28/2018/TT-BNNPTNT dated November 16, 2018, on sustainable forest management. Retrieved April 12, 2025, from https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Tai-nguyen-Moi-truong/Thong-tu-28-2018-TT-BNNPTNT-quy-dinh-ve-quan-ly-rung-ben-vung-402853.aspx.

Margalef, R. (1968). *Perspectives in ecological theory*. Chicago, USA: University of Chicago Press.

NASRV (National Assembly of the Socialist Republic of Viet Nam). (2017). Law No. 16/2017/QH14 dated November 15, 2017. Law on Forestry. Retrieved August 12, 2025, from https://thuvienphapluat.vn/van-ban/Linh-vuc-khac/Luat-lam-nghiep-367277.aspx.

Ngo, T. P., Phan, M. X., & Nguyen, M. C. (2023). Structural characteristics and tree species diversity of evergreen broad-leaved forests in Phuoc Binh National Park, Ninh Thuan Province. *Journal of Agriculture and Rural Development* 1, 71–81.

Nguyen, H. H., Pham, V. D., Bui, T. D., Trinh, H. M., Nguyen, V. Q., & Nguyen, T. T. (2024). Effects of species and tree size diversity on above-ground biomass in diverse heterogeneous tropical evergreen forests, Quang Binh Province, north central Vietnam. *Annals of Forest Research* 67(1), 31-40. https://doi.org/10.15287/afr.2024.3293.

Nguyen, M. C., To, Q., Mac, V. C., Nguyen, T. M. H., Nguyen, T. T., Dang, L. T. L., & Ho, T. T. (2025). Forest structure, tree species diversity, and soil carbon stocks in rich evergreen broadleaf natural forest at Lo Go - Xa Mat National Park, Tay Ninh Province. *Vietnam Journal of Forest Sciences* 14(7), 1130. https://doi.org/10.70169/VJFS.1130.

Nguyen, T. T. H., & Tran, T. T. H. (2014). Study on some structural characteristics of evergreen broadleaf natural forest in Vu Quang National Park, Ha Tinh Province. *Journal of Forestry Science* 3, 3408-3416.

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.

PCTNP (People's Committee of Tay Ninh Province). (2018). Approval of the 2018 land-use plan of Chau Thanh district. Retrieved April 25, 2025, from https://www.tayninh.gov.vn/vi/news/thong-tin-dat-dai/ph-duy-t-k-ho-ch-s-d-ng--t-n-m-2018-c-a-huy-n-ch-u-th-nh-38506.html.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological diversity*. London, England: Wiley - Interscience Publication.

Pretzsch, H. (2009). *Forest dynamics, growth and yield: From measurement to model.* Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Psistaki, K., Tsantopoulos, G., & Paschalidou, A. K. (2024). An overview of the role of forests in climate change mitigation. *Sustainability* 16(14), 6089. https://doi.org/10.3390/su16146089.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1963). *The mathematical theory of communication*. Urbana, IL, USA: University of Illinois Press.

Simpson, E. H. (1949). *Measurment of diversity*. *Nature* 163(4148), 688. http://dx.doi.org/10.1038/163688a0.

Thai, V. T. (1999). *Tropical forest ecosystems in Vietnam*. Ha Noi, Vietnam: Science and Technology Publishing House.

Tran, H. (2002). *Timber resources of Vietnam*. Ha Noi, Vietnam: Agricultural Publishing House.

Vo, D. H. (2015). Carbon stocks in tropical evergreen broadleaf forests in central highlands Vietnam. *International Forestry Review* 17(1), 20-29. https://www.jstor.org/stable/24310649.

Vo, D. H. (2014). Study on structural characteristics of the upper tree layer of forest state IIA in Yen Lap protection forest, Quang Ninh province. *Journal of Forestry Science* 3, 3390-3398.

Vo, V. C. (2003). *Common plant dictionary. Vol. 1*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Science and Technology Publishing House.

Vo, V. C. (2004). *Common plant dictionary. Vol. 2*. Ho Chi Minh City, Vietnam: Science and Technology Publishing House.

Vu, A. D. (2025). *Structural characteristics and tree species diversity of poor evergreen broadleaf natural forest on soil mountains in Dau Tieng protection forest, Tay Ninh province* (Master's thesis). Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Williams, B. A., Beyer, H. L., Fagan, M. E., Chazdon, R. L., Schmoeller, M., Sprenkle-Hyppolite, S., Griscom, B. W., Watson, J. E. M., Tedesco, A. M., Gonzalez-Roglich, M., Daldegan, G. A., Bodin, B., Celentano, D., Wilson, S. J., Rhodes, J. R., Alexandre, N. S., Kim, D.-H., Bastos, D., & Crouzeilles, R. (2024). Global potential for natural regeneration in deforested tropical regions. *Nature* 636(8041), 131-137. https://doi.org/10.1038/s41586-024-08106-4.