

Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của một số trạng thái rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai

Lê Hồng Việt¹, Nguyễn Văn Thêm², Ngô Thị Thu Thủy¹, Nguyễn Văn Quý^{1*}

¹Trường Đại học Lâm nghiệp – Phân hiệu Đồng Nai

²Hội Khoa học Kỹ thuật Lâm nghiệp TP. Hồ Chí Minh

Tree species composition and structure of several states of tropical evergreen humid closed forests in Tan Phu area of Dong Nai province

Le Hong Viet¹, Nguyen Van Them², Ngo Thi Thu Thuy¹, Nguyen Van Quy^{1*}

¹Vietnam National University of Forestry – Dongnai Campus

²Forestry Science and Technology Association of Ho Chi Minh City

*Corresponding author: quyvnfu@gmail.com

<https://doi.org/10.55250/jo.vnuf.14.4.2025.079-089>

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 18/12/2024

Ngày phản biện: 23/01/2025

Ngày quyết định đăng: 05/03/2025

Từ khóa:

Cấu trúc rừng, chỉ số hỗn giao, đa dạng loài cây gỗ, kết cấu loài cây gỗ, rừng cao đỉnh.

Keywords:

Climax forest, forest structure, tree mixed index, tree species composition, tree species diversity.

TÓM TẮT

Bài báo này giới thiệu kết quả về đặc điểm của rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới (Rkx) tại khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Mục tiêu chính là so sánh kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx ở giai đoạn cao đỉnh (Climax) và các trạng thái rừng suy thoái ở mức độ khác nhau. Dữ liệu được thu thập từ 20 ô tiêu chuẩn (0,20 ha/ô), mỗi trạng thái rừng 5 OTC. Trong các OTC, các cây gỗ có đường kính ngang ngực (D , cm) từ 6 cm trở lên được xác định loài (S , loài), đo D , chiều cao toàn thân (H , m) và đường kính tán (D_T , m). Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng, thành phần loài cây gỗ ở Rkx bị suy thoái khá tương đồng với Rkx cao đỉnh, mức độ hỗn giao khá cao. Phân bố đường kính (N/D) của cả hai loại rừng đều giảm dần theo cấp đường kính tăng. Tuy nhiên, tốc độ suy giảm số lượng cây ở Rkx Climax chậm hơn so với Rkx bị suy thoái. Cấu trúc rừng Climax phức tạp hơn. Phần lớn số cây ở Rkx Climax tập trung ở nhóm D 20-40 cm và lớp H 15-20 m. Ngược lại, phần lớn số cây ở Rkx bị suy thoái tập trung ở nhóm D dưới 20 cm và lớp H dưới 15 m. Đa dạng loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái đều ở mức khá cao.

ABSTRACT

This study presents the results of research on the characteristics of tropical moist evergreen closed forests (Rkx) at the Climax stage and various degraded forest states in the Tan Phu area of Dong Nai province. The study objective was to compare the tree species composition and the forest structure between the Climax and degraded forests. The data was collected from 20 standard plots (0.20 ha each) with 5 plots for each forest state. In the plot, trees with a diameter at breast height (DBH, cm) of 6 cm or more were identified, and their DBH, total height (H , m) and crown diameter (D_T , m) were measured. The key findings include: Tree species composition in degraded forests was quite similar to that of Climax forests, with a high degree of species mixing. The DBH distribution of both forest types gradually declined with increasing diameter. However, the rate of decline in the number of trees was slower in Climax forests than in the degraded forests. The structure of Climax forests was

more complex. Trees in Climax forests were concentrated in the DHB class of 20-40 cm and H class of 15-20 m. On the contrary, the majority of trees in degraded forests were concentrated in the DBH < 20 cm group and H < 15 m class. Tree species diversity was relatively high in both climax and degraded forests.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Rừng tự nhiên nhiệt đới đóng vai trò quan trọng về khoa học, kinh tế và môi trường. Để xây dựng các phương thức lâm sinh đối với rừng tự nhiên nhiệt đới, lâm học cần phải xác định các đặc tính của chúng; trong đó hai đặc tính kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của rừng được quan tâm nhiều nhất [1-4]. Kết cấu loài cây gỗ của các kiểu rừng phản ánh thành phần loài cây gỗ và độ phong phú của chúng. Cấu trúc rừng là sự tổ chức và sắp xếp các thành phần của rừng (cây gỗ, cây bụi, cây thân leo, cây thân thảo, đất và lớp đá) theo không gian, thời gian và môi trường [5].

Rừng kín thường xanh hơi ẩm nhiệt đới (Rkx) ở khu vực Đông Nam Bộ là hệ sinh thái rừng đặc sắc [4]. Tại tỉnh Đồng Nai, kiểu Rkx ở giai đoạn cao đỉnh (sau đây gọi là Rkx Climax) có trữ lượng gỗ trên 400 m³/ha và các loài cây gỗ của họ Sao Dầu (Dipterocarpaceae) đóng vai trò ưu thế sinh thái [6]. Vào thập niên 1980-1990, phần lớn rừng Climax đã bị khai thác chọn theo cấp đường kính. Vì thế, hiện nay hầu hết Rkx ở tỉnh Đồng Nai là rừng gỗ tự nhiên đã bị suy thoái ở các mức độ khác nhau (sau đây gọi là Rkx bị suy thoái). Cho đến nay kiểu Rkx bị suy thoái này đã phục hồi lại trên 30 năm. Trước đây đã có một số nghiên cứu về đặc tính của kiểu Rkx ở tỉnh Đồng Nai [7-9]. Những nghiên cứu này chỉ tập trung phân tích kết cấu loài cây gỗ, cấu trúc và tình trạng tái sinh của Rkx bị suy thoái ở mức độ thấp đến trung bình. Hiện nay khoa học và thực tiễn vẫn còn thiếu những thông tin về sự khác nhau giữa Rkx Climax và các Rkx bị suy thoái. Hạn chế này dẫn đến những khó khăn không chỉ cho đánh giá khả năng phục hồi của rừng bị suy thoái, mà còn cho quản lý rừng và kỹ thuật lâm sinh. Xuất phát từ đó, nghiên cứu này trả lời 2 câu hỏi chính. Một là thành phần loài cây

gỗ của Rkx bị suy thoái có tương đồng với Rkx Climax hay không? Hai là cấu trúc đường kính và chiều cao của Rkx bị suy thoái có tương đồng với Rkx Climax hay không? Nếu thành phần loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx bị suy thoái tương đồng với Rkx Climax, thì theo thời gian Rkx bị suy thoái sẽ phục hồi lại Rkx Climax. Mục tiêu của nghiên cứu này là so sánh kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx ở giai đoạn Climax và các mức độ bị suy thoái khác nhau. Kết quả của nghiên cứu này không chỉ cung cấp những thông tin để phân tích các đặc tính của Rkx ở các trạng thái khác nhau, mà còn là cơ sở khoa học cho quản lý rừng và xây dựng các kỹ thuật lâm sinh.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng và vị trí nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của kiểu Rkx ở một số trạng thái khác nhau. Địa điểm nghiên cứu được đặt tại Ban quản lý rừng phòng hộ Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Tọa độ địa lý: 11° 02'32" - 11° 19'00" độ vĩ Bắc, 107° 20'73" - 107° 27'30" kinh độ Đông. Thời gian nghiên cứu từ 2018-2020. Khu vực nghiên cứu nằm trong vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa. Mùa mưa xuất hiện từ tháng 5 đến tháng 11, còn mùa khô kéo dài từ tháng 12 năm trước đến tháng 4 năm sau. Nhiệt độ không khí trung bình 25,0°C. Lượng mưa trung bình năm là 2.100 mm/năm. Độ ẩm không khí trung bình 80%. Độ cao địa hình từ 80 - 120 m so với mặt biển. Đất bao gồm đất xám trên đá hoa cương và đất nâu đỏ trên đá bazan.

2.2. Phương pháp thu thập số liệu

Kiểu Rkx Climax được xác định theo hệ thống phân loại rừng Việt Nam [4]. Các trạng thái của Rkx bị suy thoái ở các mức độ khác nhau được xác định theo hệ thống phân loại các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên [10]. Theo trữ lượng gỗ (M, m³/ha), bốn trạng thái Rkx bị

suy thoái ở mức độ thấp, trung bình cao, trung bình thấp và rất mạnh tương ứng là $M > 300 \text{ m}^3/\text{ha}$, $M = 200-300 \text{ m}^3/\text{ha}$, $M = 100-200 \text{ m}^3/\text{ha}$ và $M < 100 \text{ m}^3/\text{ha}$. Bốn trạng thái Rkx bị suy thoái này được kí hiệu tương ứng là IIIA3A, IIIA2A(1), IIIA2A(2) và IIIA1A. Đặc điểm của 4 trạng thái Rkx bị suy thoái này được so sánh với Rkx Climax ($M > 400 \text{ m}^3/\text{ha}$). Số liệu về Rkx Climax là số liệu thứ cấp từ tài liệu [6]. Số liệu về Rkx bị suy thoái được thu thập từ năm 2018-2020. Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx Climax và 4 trạng thái Rkx bị suy thoái được nghiên cứu dựa trên 20 ô tiêu chuẩn điển hình (OTC) với kích thước 0,2 ha; trong đó mỗi trạng thái rừng là 5 OTC. Trong các OTC, thống kê thành phần loài cây gỗ (S, loài) với đường kính thân ngang ngực (D, cm) từ 6 cm trở lên. Các cây gỗ được đo D, chiều cao toàn thân (H, m) và đường kính tán (D_T , m). Thành phần loài cây gỗ được nhận biết theo [11, 12]. Chu vi thân ngang ngực được đo bằng thước dây với độ chính xác 0,1 cm; sau đó quy đổi ra D. Chỉ tiêu H được đo bằng thước đo cao Blume - leise với độ chính xác 0,5 m. Chỉ tiêu D_T được đo bằng cây sào kết hợp với thước dây với độ chính xác 0,10 m. Mức độ hỗn giao giữa các loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được xác định theo chỉ số hỗn giao (MI = Mixed Index) [13]. Chỉ số MI của mỗi trạng thái rừng được thu thập từ 30 điểm quan sát; trong đó mỗi điểm quan sát là 4 loài gỗ gần nhất so với loài cây gỗ cơ sở. Loài cây gỗ cơ sở là loài cây gỗ được sử dụng để so sánh với 4 loài cây gỗ gần nhất với nó. Tại mỗi điểm quan sát, nếu loài cây gỗ bên cạnh khác với loài cây gỗ cơ sở, thì nó nhận giá trị 1. Trái lại, nếu loài cây gỗ bên cạnh giống với loài cây gỗ cơ sở, thì nó nhận giá trị 0.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

(1) *Xác định kết cấu loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái.* Trước hết tập hợp số liệu S, D, D_T và H của các OTC ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái. Tiếp đến xác định kết cấu loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái theo phương pháp [4] (Công thức 1); trong đó

IVI_J là chỉ số ưu thế của loài J, $N_J\%$ là mật độ tương đối của loài J (công thức 2), $G_J\%$ là tiết diện ngang thân tương đối của loài J (công thức 3) và $V_J\%$ là thể tích thân tương đối của loài J (công thức 4). Thể tích của loài cây gỗ J (V_J) được xác định theo công thức 5. Ở công thức 1-5, n_J và N (cây/ha) tương ứng là số cây của loài cây gỗ J và tổng số cây của các loài cây gỗ, g_J và G (m^2/ha) tương ứng là tiết diện ngang thân của loài cây gỗ J và tổng tiết diện ngang thân của các loài cây gỗ, V_J và V (m^3/ha) tương ứng là thể tích của loài cây gỗ J và tổng thể tích của các loài cây gỗ, H_{iJ} = chiều cao của cây i thuộc loài cây gỗ J, $F = 0,45$ (hệ số hình dạng thân).

$$IVI_J = \frac{(N_J\% + G_J\% + V_J\%)}{3} \quad (1)$$

$$N_J\% = (n_J/N) \times 100 \quad (2)$$

$$G_J\% = (g_J/G) \times 100 \quad (3)$$

$$V_J\% = (V_J/V) \times 100 \quad (4)$$

$$V_J = g_{iJ} H_{iJ} F \quad (5)$$

(2) *Xác định sự tương đồng về thành phần loài cây gỗ giữa Rkx bị suy thoái và Rkx Climax.*

Chỉ tiêu này được xác định theo hệ số tương đồng của Sorensen (1948; dẫn theo Василевич В И (1969) [14] (công thức 8); trong đó a là số loài cây gỗ ở Rkx Climax, b là số loài cây gỗ ở mỗi trạng thái của Rkx bị suy thoái, còn c là số loài cây gỗ giống nhau giữa Rkx Climax và mỗi trạng thái của Rkx bị suy thoái. Sự khác nhau về thành phần loài cây gỗ giữa mỗi trạng thái của Rkx bị suy thoái và Rkx Climax là $100 - C_s\%$.

$$C_s(\%) = \frac{(2 \times c)}{a + b} \times 100 \quad (8)$$

(3) *Xác định cấu trúc của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái.*

Đặc tính này được xác định theo phân bố số cây (N, cây/ha) theo cấp D (N/D) và cấp H (N/H), chỉ số hỗn giao, chỉ số cạnh tranh của các loài cây gỗ và tính phức tạp về cấu trúc quần thụ. Để phân tích phân bố N/D và phân bố N/H, trước hết tính các đặc trưng thống kê mô tả D và H; trong đó bao gồm giá trị trung bình, giá trị lớn nhất (Max), giá trị nhỏ nhất (Min), sai lệch chuẩn (SEE) và hệ số biến động

(CV%). Tiếp theo phân chia D thành các cấp với mỗi cấp 6 cm, còn H được phân chia theo cấp với mỗi cấp 4m. Sau đó xây dựng mô hình ước lượng phân bố N/D theo hàm 9. Phân bố N/H được ước lượng bằng hàm phân bố Richards (hàm 10); trong đó F_H là xác suất tích lũy số cây theo cấp H, q là tham số vị trí, p là tham số tỷ lệ và r là tham số hình dạng ($p, q > 0; r < 0$). Các tham số của hàm 9 và 10 được xác định theo phương pháp hồi quy và tương quan phi tuyến tính của Marquartz. Mức độ phù hợp của hàm 9 và 10 so với số liệu thực tế được đánh giá theo hệ số xác định (R^2 ; công thức 11); tổng bình phương sai lệch (SSE; công thức 12); sai số ước lượng (SEE; công thức 13) và sai số tuyệt đối trung bình theo phần trăm (MAPE; công thức 14). Ở công thức 11-14, Y_i và Y_j tương ứng là số cây thực tế và số cây ước lượng; Y_{Bq} là giá trị bình quân của số cây thực tế; n là số cấp D và số cấp H; p là số tham số của hàm hồi quy.

$$N = m \times \exp(-b \times D) + k \quad (9)$$

$$F_H = 1 + \exp(-(H - q)/p))^r \quad (10)$$

$$R^2 = (1 - \frac{SSE}{SST}) \times 100 \quad (11)$$

$$SSE = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_j)^2 \quad (12)$$

$$SST = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{Bq})^2$$

$$SEE = \sqrt{SSE/(n-p)} \quad (13)$$

$$MAPE = (1/n) \times \frac{\sum |Y_j - Y_i|}{Y_i} \times 100 \quad (14)$$

Chỉ số hỗn giao giữa các loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được xác định theo phương pháp [13] (công thức 15); trong đó MI_i là chỉ số hỗn giao tại điểm i trong quần thụ, k = là số cây gỗ gần nhất so với loài cây gỗ cơ sở (k = 4 cây), S_i là điểm số của cây i. Sau đó xác định chỉ số MI bình quân cho 30 điểm quan sát. Giá trị $MI = 0-1$; trong đó tỷ lệ hỗn giao thấp, trung bình, cao và rất cao tương ứng là $MI < 0,25$, $MI = 0,25-0,50$, $MI = 0,50-0,75$ và $MI > 0,75$.

$$MI_i = \frac{\sum_{(i=1, k)} S_i}{k} \quad (15)$$

Chỉ số cạnh giữa các loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được xác định theo

chỉ số cạnh tranh tán ($CCI = \text{Crown Competition Index}$). Chỉ số CCI của cây thứ i thuộc loài J (CCI_{ij}) được xác định theo công thức 16; trong đó S_{Tij} là diện tích tán của cây thứ i thuộc loài J, còn $Z = 10.000 \text{ m}^2$. Diện tích của cây i thuộc loài J ($S_{Tij}, \text{m}^2/\text{ha}$) được xác định theo diện tích hình tròn với đường kính D_{Tij} (công thức 17). Tổng diện tích tán của loài J (S_{Tj}) được xác định theo công thức 18; trong đó n_i là mật độ của loài J, còn D_{Tij} là đường kính tán của cây thứ i thuộc loài J. Tổng diện tích tán của quần thụ là tổng diện tích tán của S loài cây gỗ.

$$CCI_{ij} = \frac{S_{Tij}}{Z} \quad (16)$$

$$S_{Tij} = 0,7854 \times D_{Tij}^2 \quad (17)$$

$$S_{Tj} = \sum_{i=1}^{n_i} (0,7854 \times D_{Tij}^2) \quad (18)$$

Tính phức tạp về cấu trúc quần thụ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được xác định theo chỉ số phức tạp về cấu trúc quần thụ ($SCI = \text{Stand Complexity Index}$) [15]. Chỉ số SCI được xác định theo công thức 19; trong đó S, N, G và H tương ứng là số loài cây gỗ, mật độ, tiết diện ngang và chiều cao trung bình của quần thụ trên OTC, $k = 10^6$.

$$SCI = \frac{(S \times N \times G \times H)}{k} \quad (19)$$

(4) *Xác định đa dạng loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái.*

Sự giàu có về loài cây gỗ được xác định theo số loài cây gỗ (S, loài) và chỉ số phong phú về loài cây gỗ của Margalef (công thức 20; dẫn theo Magurran A E (2003) [16]). Ở công thức 20, S và N tương ứng là số loài cây gỗ và tổng số cá thể của S loài cây gỗ của quần thụ trên OTC. Chỉ số ưu thế của loài cây gỗ được xác định theo chỉ số đa dạng của Simpson (1949; dẫn theo Magurran A E (2003) [16]) (công thức 21); trong đó $P_j = (n_j/N)$ là tỷ lệ độ phong phú của loài J, n_j và N tương ứng là số cá thể của loài J và tổng số cá thể của S loài cây gỗ của quần thụ trên OTC. Chỉ số đa dạng loài cây gỗ được xác định theo chỉ số Shannon-Weiner (1948-1949; dẫn theo Magurran A E (2003) [16]) (công thức 22); trong đó S là số

loài cây gỗ trong OTC, n_i là số cá thể của loài J , N là tổng số cá thể của S loài cây gỗ, $P_j = (n_i/N)$ là tỷ lệ độ phong phú của loài J . Mức độ đồng đều về độ phong phú (J') của các loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được xác định theo chỉ số đồng đều của Pielou (1969; dẫn theo Magurran A E (2003) [16]) (công thức 23); trong đó H' và H'_{Max} là chỉ số đa dạng Shannon-Weiner. Sự khác biệt về các thành phần đa dạng loài cây gỗ giữa Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được xác định theo hồ sơ đa dạng loài của Rényi (công thức 24; dẫn theo Magurran A E (2003) [16]); trong đó H_α là hồ sơ đa dạng loài, $P_j = (n_i/N)$ là tỷ lệ độ phong phú của loài J , n_i là số cá thể của loài J , N là tổng số cá thể của S loài cây gỗ trong OTC. Giá trị $\alpha = 0; 0,25; 0,5; 1, 2, 3... \infty$. Mức độ không thuần nhất về phân bố của các loài cây gỗ theo các trạng thái của Rkx được xác định theo chỉ số đa dạng β -Whittaker (1972; dẫn theo Magurran A E (2003) [16]); công thức 25); trong đó S là tổng số loài cây gỗ bắt gặp trong các OTC ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái, s là số loài cây gỗ

binh quân trong một OTC ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái. Khi $S = s$ hay $\beta = 1$ cho biết các loài cây gỗ phân bố đồng đều theo các trạng thái rừng. Chỉ số $\beta \gg 1$ cho biết các loài cây gỗ phân bố không đồng đều trong các trạng thái rừng. Công cụ xử lý số liệu là phần mềm Excel và STATGRAPHICS Centurion XV.I 15.1.02 và Primer 6.0.

$$d_{Margalef} = (S-1)/\ln(N) \quad (20)$$

$$1-\lambda' = (1 - P_j^2) \quad (21)$$

$$P_j = (n_i/N)$$

$$H' = - \sum_{j=1}^S P_j \times \ln(P_j) \quad (22)$$

$$J' = H'/H'_{Max} \quad (23)$$

$$H'_{Max} = \ln(S)$$

$$H_\alpha = \ln(\sum_{j=1}^S (P_j^\alpha)/(1-\alpha)) \quad (24)$$

$$\beta - \text{Whittaker} = (S/s) \quad (25)$$

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Kết cấu loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái từ mức độ thấp đến mức độ rất mạnh được dẫn ra ở Bảng 1-5.

Bảng 1. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx ở giai đoạn cao đỉnh (Climax)

TT	Loài cây gỗ	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)	Tỷ lệ			
					N%	G%	M%	IVI%
1	Dầu song năng	166	13,4	141,2	25,8	32,0	32,4	30,1
2	Dầu con rái	41	4,9	54,9	6,4	11,7	12,6	10,2
3	Vên vên	35	3,4	36,8	5,4	8,2	8,4	7,3
4	Cây	25	3,0	34,8	3,9	7,3	8,0	6,4
5	Trường mật	25	2,0	21,5	3,9	4,7	4,9	4,5
	Cộng 5 loài	292	26,7	289,2	45,4	63,9	66,3	58,5
43	Loài khác	351	15,1	146,5	54,6	36,1	33,7	41,5
48	Tổng số	643	41,8	435,7	100,0	100	100	100

Bảng 2. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx bị suy thoái ở mức thấp (IIIA3A)

TT	Loài cây gỗ	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)	Tỷ lệ			
					N%	G%	M%	IVI%
1	Dầu song năng	86	7,4	82,5	9,5	21,7	26,1	19,1
2	Vên vên	75	2,9	25,6	8,3	8,5	8,1	8,3
3	Trường mật	36	1,8	17,6	4,0	5,4	5,6	5,0
4	Trường nước	52	1,5	12,6	5,8	4,3	4,0	4,7
5	Cây	41	1,4	11,2	4,5	4,0	3,5	4,0
	Cộng 5 loài	290	15	149,4	32	44	47	41
43	Loài khác	612	19,1	166,2	67,9	56,1	52,7	58,9
48	Tổng số	902	34,1	315,6	100	100	100	100

Bảng 3. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx bị suy thoái ở mức trung bình cao IIIA2A(1)

TT	Loài cây gỗ	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)	Tỷ lệ:			
					N%	G%	M%	IVI%
1	Dầu song năng	140	4,9	43,8	23,0	17,3	16,4	18,9
2	Trường mật	29	5,5	63,6	4,8	19,2	23,9	16,0
3	Trâm trắng	38	1,9	18,0	6,2	6,7	6,8	6,6
4	Vên vên	47	1,5	11,6	7,7	5,4	4,4	5,8
5	Cám	30	1,4	11,0	4,9	4,9	4,1	4,6
	Cộng 5 loài	284	15,2	148,0	46,6	53,5	55,6	51,9
41	Loài khác	326	13,1	118,3	53,4	46,5	44,4	48,1
46	Tổng số	610	28,3	266,4	100	100	100	100

Bảng 4. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx bị suy thoái ở mức trung bình thấp IIIA2A(2)

TT	Loài cây gỗ	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)	Tỷ lệ:			
					N%	G%	M%	IVI%
1	Dầu song năng	31	1,7	17,9	4,2	10,2	13,6	9,3
2	Trường nước	35	1,3	9,9	4,7	7,4	7,5	6,5
3	Bằng lăng ổi	28	1,0	8,3	3,8	6,1	6,3	5,4
4	Dầu lá bóng	4	0,9	10,3	0,5	5,0	7,9	4,5
5	Lầu tấu trắng	12	0,9	8,2	1,6	5,3	6,3	4,4
	Cộng 10 loài	110	5,8	54,6	14,8	34,0	41,6	30,1
40	Loài khác	631	11,3	76,8	85,2	66,0	58,4	69,9
45	Tổng số	741	17,1	131,4	100,0	100	100	100

Bảng 5. Kết cấu loài cây gỗ của Rkx bị suy thoái ở mức rất mạnh IIIA1A

TT	Loài cây gỗ	N (cây/ha)	G (m ² /ha)	M (m ³ /ha)	Tỷ lệ			
					N%	G%	M%	IVI%
1	Dầu song năng	26	1,4	15,4	9,3	17,2	21,4	16,0
2	Vên vên	23	0,6	5,0	8,2	7,0	7,0	7,4
3	Trâm vỏ đỏ	20	0,5	3,5	7,1	5,5	4,9	5,8
4	Dầu con rái	19	0,4	3,4	6,8	5,0	4,7	5,5
5	Bưởi bung	9	0,5	4,4	3,2	6,1	6,2	5,1
	Cộng 10 loài	97	3,4	31,7	34,6	40,8	44,2	39,8
38	Loài khác	183	5,0	40,1	65,4	59,2	55,8	60,2
43	Tổng số	280	8,4	71,9	100	100	100	100

Số loài cây gỗ bắt gặp ở Rkx Climax (Bảng 1) là 48 loài thuộc 41 chi của 28 họ. Dầu song năng (*Dipterocarpus dyeri*) là loài cây gỗ ưu thế, còn Dầu con rái (*Dipterocarpus alatus*) là loài cây gỗ đồng ưu thế. Các loài cây gỗ có chỉ số IVI cao là Vên vên (*Anisoptera costata*), Cầy (*Irvingia malayana*), Trường mật (*Paviesia annamensis*) và Trường nước (*Paviesia sundaicus*). Ở 4 trạng thái rừng IIIA3A, IIIA2A(1), IIIA2A(2) và IIIA1A, cây họ Sao Dầu (*Dipterocarpaceae*) vẫn chiếm ưu thế và đồng ưu thế. Những loài cây gỗ khác có chỉ số IVI cao thường bắt gặp là Trường mật, Trường

nước, Cầy, Cám (*Parinari annamensis*), Trâm vỏ đỏ (*Sizygium zeilanicum*). So với Rkx Climax, hệ số tương đồng về thành phần loài cây gỗ giảm dần từ trạng thái rừng IIIA3A ($C_s = 73\%$) đến trạng thái rừng IIIA2A(1) ($C_s = 70\%$), IIIA2A(2) ($C_s = 60\%$) và IIIA1A ($C_s = 58\%$). Nói chung, thành phần loài cây gỗ của Rkx bị suy thoái tương đồng khá cao so với Rkx Climax.

3.2. Cấu trúc của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

3.2.1. Phân bố số cây theo cấp đường kính và cấp chiều cao

Đặc trưng thống kê phân bố N/D và phân

bố N/H của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được dẫn ra tương ứng ở Bảng 6 và 7. Từ đó cho thấy, hai đại lượng D và H bình quân giảm dần từ Rkx Climax đến Rkx bị suy thoái rất mạnh. Phạm vi và hệ số biến động D và H của Rkx Climax lớn hơn so với các trạng thái của Rkx bị suy thoái. Hình dạng đường cong phân bố N/D của Rkx Climax và các trạng thái của Rkx bị suy thoái đều có dạng hình chữ “J” ngược và phù hợp với hàm phân bố mũ (hàm 26-30; Bảng 8). Hình dạng đường cong phân

bố N/H của Rkx Climax và các trạng thái của Rkx bị suy thoái đều có dạng một đỉnh và phù hợp với hàm phân bố Richards (hàm 31-35; Bảng 9). Từ các hàm ở Bảng 8 và 9, xác định được số cây theo các cấp D và cấp H (Bảng 10 và 11; Hình 1). Ở Rkx Climax, tốc độ giảm số cây (Hệ số -b ở hàm phân bố N/D) theo các cấp D chậm hơn so với Rkx bị suy thoái. Số cây ở Rkx Climax phân bố tập trung ở cấp H = 16 m. Trái lại, số cây ở Rkx bị suy thoái phân bố tập trung ở cấp H = 12 m.

Bảng 6. Đặc trưng thống kê đường kính của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Trạng thái rừng	N (cây/ha)	D (cm)	D _{Min}	D _{Max}	±SEE	CV%
Climax	655	24,7	10	76	15,5	62,6
IIIA3A	902	18,4	10	64	11,9	64,6
IIIA2A(1)	610	20,8	10	58	12,3	59,3
IIIA2A(2)	741	15,2	10	52	8,0	52,6
IIIA1A	280	17,0	10	46	9,7	57,0

Ghi chú: D = Đường kính ngang ngực bình quân; D_{Min} và D_{Max} = Cấp D nhỏ nhất và lớn nhất; SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.

Bảng 7. Đặc trưng thống kê chiều cao của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Trạng thái rừng	N (cây/ha)	H (m)	H _{Min}	H _{Max}	±SEE	CV%
Climax	655	17,3	8	32	5,8	33,3
IIIA3A	902	13,9	8	28	5,0	36,3
IIIA2A(1)	610	14,7	8	28	5,3	36,3
IIIA2A(2)	741	13,4	8	28	3,3	24,6
IIIA1A	280	14,9	8	28	4,3	29,1

Ghi chú: H = Chiều cao bình quân; H_{Min} và H_{Max} = Cấp H nhỏ nhất và lớn nhất; SEE = Sai lệch chuẩn; CV% = Hệ số biến động.

Bảng 8. Mô hình phân bố N/D của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Trạng thái rừng	Hàm phân bố N/D (cây/ha):	r ²	±SEE	MAPE	Hàm
Climax	$N = 291,6 \times \exp(-0,049 \times D) - 2,1$	98,9	6,4	14,0	(26)
IIIA3A	$N = 1430,9 \times \exp(-0,126 \times D) + 14,1$	99,8	5,7	17,0	(27)
IIIA2A(1)	$N = 490,3 \times \exp(-0,0859 \times D) + 10,6$	99,6	4,8	16,5	(28)
IIIA2A(2)	$N = 1917,9 \times \exp(-0,154 \times D) + 7,9$	99,7	8,3	14,5	(29)
IIIA1A	$N = 718,36 \times \exp(-0,168 \times D) + 10,1$	98,2	6,5	15,5	(30)

Bảng 9. Mô hình phân bố N/H của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

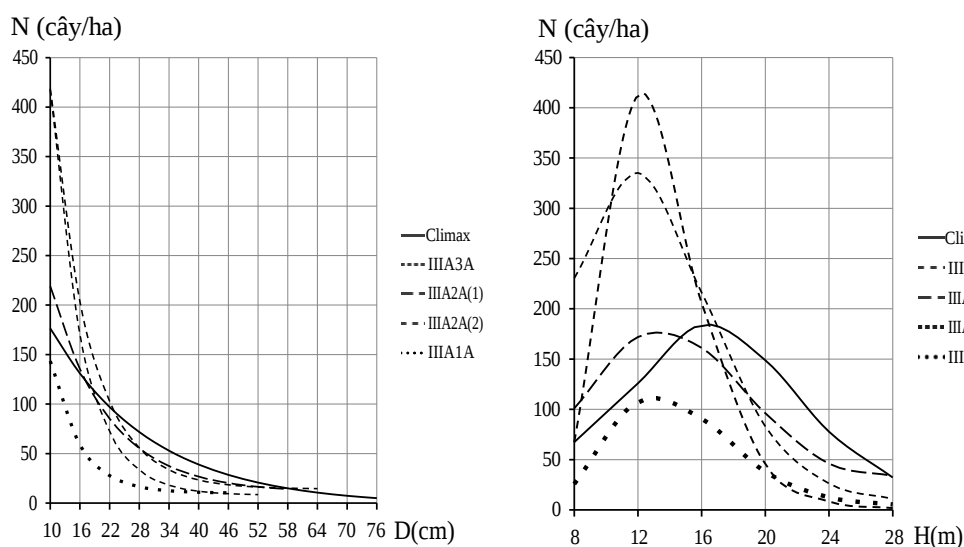
Trạng thái rừng	Hàm phân bố xác suất tích lũy:	r ²	±SEE	MAPE	Hàm
Climax	$F_H = (1 + \exp(-(H - 12,85)/3,85))^{-1,5}$	99,7	0,023	4,1	(31)
IIIA3A	$F_H = (1 + \exp(-(H - 6,5)/3,2))^{-2,8}$	96,2	0,077	12,0	(32)
IIIA2A(1)	$F_H = (1 + \exp(-(H - 4,2)/4,4))^{-5,1}$	99,8	0,014	1,5	(33)
IIIA2A(2)	$F_H = (1 + \exp(-(H - 1,1)/2,3))^{-48,5}$	99,9	0,045	0,6	(34)
IIIA1A	$F_H = (1 + \exp(-(H - 1,8)/3,3))^{-16,9}$	99,8	0,015	0,7	(35)

Bảng 10. Phân bố N/D của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

TT	Cấp D (cm)	Số cây theo cấp D (cây/ha)				
		Climax	IIIA3A	IIIA2A(1)	IIIA2A(2)	IIIA1A
1	≤ 10	176	419	219	417	143
2	16	131	204	135	170	59
3	22	97	103	85	72	28
4	28	72	56	55	33	16
5	34	53	34	37	18	12
6	40	39	23	27	12	11
7	46	28	18	20	9	10
8	52	21	16	16	9	
9	58	15	15	14		
9	64	11	15			
10	70	7				
10	≥ 76	5				
Tổng số		655	902	610	741	280

Bảng 11. Phân bố N/H của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

TT	Cấp H (m)	Số cây theo cấp H (cây/ha)				
		Climax	IIIA3A	IIIA2A(1)	IIIA2A(2)	IIIA1A
1	≤ 8	67	230	101	67	26
2	12	126	335	172	413	108
3	16	184	216	161	206	91
4	20	149	83	96	45	38
5	24	78	26	46	8	12
6	28	32	11	34	2	5
7	≥ 32	19				
Tổng số		655	902	610	741	280



Hình 1. Phân bố N/D và N/H của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Tỷ lệ số cây phân bố ở nhóm D < 10 cm (Bảng 12) của Rkx Climax (27,3%) thấp hơn rất

đáng kể so với Rkx bị suy thoái (46,7% đối với trạng thái rừng IIIA3A; 56,7% đối với trạng thái

rừng IIIA2A(2); 51,1% đối với trạng thái rừng IIIA1A). Phần lớn số cây của Rkx Climax tập trung ở nhóm D = 20-40 cm (41,1%) và khoảng 12,4% ở nhóm D > 40 cm. Trái lại, phần lớn số cây của Rkx bị suy thoái tập trung ở nhóm D < 20 cm. Ở Rkx bị suy thoái mạnh chỉ có khoảng 1,6-2,5% số cây phân bố ở nhóm D > 40 cm. Tỷ lệ số cây phân bố ở lớp H < 15 m (Bảng 13) của Rkx Climax (27,3%) thấp hơn rất đáng kể so với Rkx bị suy thoái (68,4% đối với trạng thái rừng IIIA3A; 64,8% đối với trạng thái rừng IIIA2A(2); 49,3% đối với trạng thái rừng IIIA1A). Phần lớn số cây của Rkx Climax tập trung ở lớp H = 15-20 m (51%). Trái lại, phần lớn số cây của Rkx bị suy thoái tập trung ở lớp H < 10 m (49,3% ở trạng thái rừng IIIA1A đến 68,4% trạng thái rừng IIIA3A).

3.2.2. Đa dạng cấu trúc của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Chỉ số hỗn giao (MI), chỉ số cạnh tranh tán (CCI), chỉ số đa dạng cấu trúc (SCI) và các thành phần đa dạng loài cây gỗ (S, D_{Magaleft} , J', H', β -Whittaker) của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái được tổng hợp ở Bảng 14 và Hình 2. Từ đó cho thấy, các loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái có mức hỗn giao (MI) từ

trung bình đến khá cao. Chỉ số cạnh tranh tán hay độ che phủ của tán lá trên mặt đất giảm rất rõ rệt từ Rkx Climax (CCI = 1,52) đến Rkx bị suy thoái rất mạnh (CCI = 0,33). Ở Rkx Climax và Rkx ở trạng thái IIIA3A, tổng diện tích tán từ lớp H = 8 m đến lớp H = 24 m đã che phủ kín mặt đất. Hiện tượng này ở trạng thái rừng IIIA2A(1) xảy ra từ lớp H = 8 m đến lớp H = 28 m. Trái lại, ở trạng thái rừng IIIA2A(2) và IIIA1A, tổng diện tích tán không che phủ kín mặt đất. Chỉ số phức tạp về cấu trúc quần thụ (SCI) giảm rất rõ rệt từ Rkx Climax (SCI = 22,3) đến Rkx bị suy thoái rất mạnh (SCI = 1,5). Số loài cây gỗ (S, loài) giảm nhẹ từ Rkx Climax đến Rkx bị suy thoái rất mạnh. Phân bố độ phong phú của các loài cây gỗ (J') ở Rkx Climax kém đồng đều hơn so với Rkx bị suy thoái. Chỉ số đa dạng loài cây gỗ (H') của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái đều ở mức khá cao ($H' > 3,0$). Chỉ số β -Whittaker >> 1 chứng tỏ các loài cây gỗ phân bố không đồng đều giữa các trạng thái của kiểu Rkx ở khu vực nghiên cứu. Nói chung, cấu trúc của Rkx Climax phức tạp hơn so với Rkx bị suy thoái. Đa dạng loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái đều ở mức khá cao.

Bảng 12. Tỷ lệ số cây của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái theo các nhóm đường kính

TT	Nhóm D (cm)	Tỷ lệ số cây theo trạng thái rừng (%)				
		Climax	IIIA3A	IIIA2A(1)	IIIA2A(2)	IIIA1A
1	≤ 10	27,3	46,7	36,4	56,7	51,1
2	10-20	19,2	21,7	21,0	21,3	22,1
3	20-40	41,1	25,9	34,8	20,4	24,3
4	≥ 40	12,4	5,7	7,9	1,6	2,5
Tổng số		100,0	100,0	100	100	100

Bảng 13. Tỷ lệ số cây của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái theo các lớp chiều cao

TT	Lớp H (m)	Tỷ lệ số cây theo trạng thái rừng (%)				
		Climax	IIIA3A	IIIA2A(1)	IIIA2A(2)	IIIA1A
1	≤ 15	27,3	68,4	57,4	64,8	49,3
2	15-20	51,0	22,7	30,5	33,3	44,3
3	20-25	13,1	4,9	8,0	1,1	4,3
4	≥ 25	8,5	4,0	4,1	0,8	2,1
Tổng số		100,0	100,0	100	100	100

Bảng 14. Đa dạng về cấu trúc ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

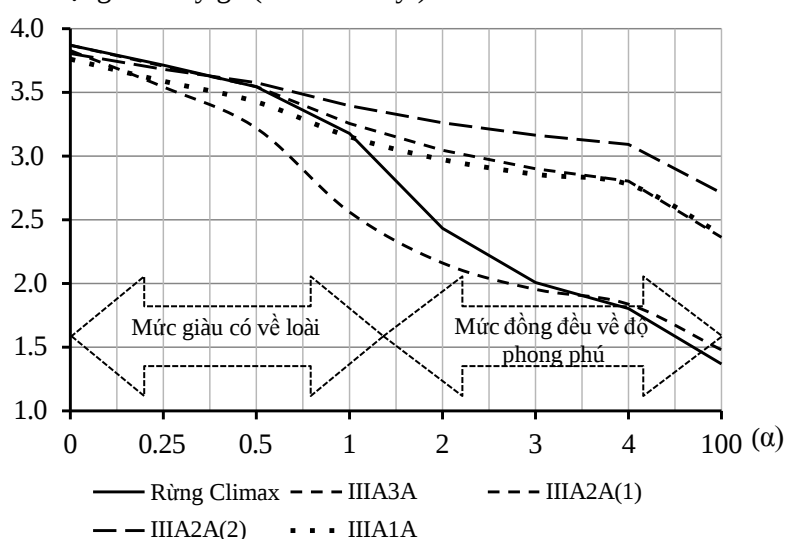
Đa dạng cấu trúc	Climax	IIIA3A	Trạng thái rừng:		
			IIIA2A(1)	IIIA2A(2)	IIIA1A
MI	0,68	0,66	0,64	0,64	0,73
CCI	1,52	1,20	0,97	0,67	0,33
SCI	22,3	20,5	11,8	7,6	1,5
S	48	48	46	45	43
D _{Magalef}	7,3	6,9	7,0	6,7	7,5
J'	0,82	0,92	0,84	0,94	0,91
H'	3,2	3,5	3,2	3,6	3,4
β -Whittaker	2,0				

3.3. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng số loài cây gỗ ở Rkx Climax cao hơn so với Rkx bị suy thoái. Thành phần loài cây gỗ ở Rkx bị suy thoái tương đồng khá cao so với Rkx Climax. Các loài cây gỗ của họ Sao Dầu đều chiếm ưu thế ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái. Một số tác giả ([4, 8]) cho rằng các loài cây gỗ của họ Sao Dầu đóng vai trò ưu thế sinh thái trong

Rkx Climax. Theo Nguyễn Văn Thêm (1992) [6] và Đào Thị Thùy Dương (2019) [7], các loài cây gỗ của họ Sao Dầu tái sinh rất tốt dưới tán rừng. Nói chung, các loài cây gỗ của họ Sao Dầu và nhiều loài cây gỗ khác đều có khả năng phục hồi nhanh sau khi Rkx bị suy thoái. Đây là điều kiện tốt để Rkx bị suy thoái phục hồi lại Rkx Climax.

Đa dạng loài cây gỗ (H_α của Rényi)



Hình 2. Hồ sơ đa dạng loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái

Phân bố N/D của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái đều giảm dần theo sự gia tăng cấp D. Phạm vi phân bố D của Rkx Climax rộng hơn so với Rkx bị suy thoái. Tốc độ giảm số cây theo các cấp D của Rkx Climax diễn ra chậm hơn so với Rkx bị suy thoái. Số cây của Rkx Climax phân bố tập trung ở cấp H = 16 m, còn ở Rkx bị suy thoái tập trung ở cấp H = 12 m. Phần lớn số cây của Rkx Climax tập trung ở nhóm D = 20-40 cm và lớp H = 15-20 m. Trái lại, phần

lớn số cây của Rkx bị suy thoái tập trung ở nhóm D < 20 cm và lớp H < 15 m. Theo Nguyễn Văn Trương (1983) [3], khi rừng tự nhiên nhiệt đới đạt đến trạng thái Climax, phân bố N/D có dạng giảm theo hình chữ "J" ngược và phần lớn số cây phân bố ở lớp H = 15-20 m.

Khi rừng đạt đến trạng thái Climax, thì mật độ thấp, mức độ khép tán cao và sản lượng gỗ cao. Hiện tượng này dẫn đến lập địa không

còn khả năng cung cấp nơi ở cho các thế hệ cây gỗ non. Kết quả là tái sinh của rừng Climax chỉ diễn ra tốt trong các lỗ trống do cây già cỗi chết đi. Vì thế, rừng Climax không có nhiều cây gỗ với kích thước nhỏ. Trái lại, khi rừng chưa đạt đến trạng thái Climax, thì mức độ khép tán thấp và sản lượng gỗ thấp. Hiện tượng này dẫn đến lập địa vẫn còn khả năng cung cấp nơi ở cho các thế hệ cây gỗ non. Kết quả là nhiều loài cây gỗ tái sinh tốt dưới tán rừng. Vì thế, rừng bị suy thoái xuất hiện nhiều cây gỗ với kích thước nhỏ.

Rừng Rkx ở khu vực nghiên cứu bị suy thoái do ảnh hưởng của khai thác chọn theo cấp D vào thập niên 1980-1990. Sau khi ngừng tác động, các rừng bị suy thoái này đang phục hồi lại thành phần loài cây gỗ, cấu trúc và sản lượng gỗ theo hướng tiến về Rkx Climax. Vì thế, bảo vệ nguyên trạng Rkx bị suy thoái ở khu vực nghiên cứu vẫn có thể giúp cho chúng phục hồi lại Rkx ở giai đoạn Climax.

4. KẾT LUẬN

Kết cấu loài cây gỗ và cấu trúc của Rkx thay đổi tùy theo mức độ bị suy thoái. Thành phần loài cây gỗ ở Rkx bị suy thoái tương đồng khá cao so với Rkx Climax. Các loài cây gỗ của họ Sao Dầu chiếm ưu thế ở Rkx Climax cũng chiếm ưu thế ở Rkx bị suy thoái. Các loài cây gỗ ở Rkx Climax và Rkx bị suy thoái có mức hỗn giao khá cao. Phân bố N/D của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái đều giảm dần theo cấp D. Tốc độ giảm số cây theo các cấp D của Rkx Climax diễn ra chậm hơn so với Rkx bị suy thoái. Phần lớn số cây của Rkx Climax tập trung ở nhóm D = 20-40 cm và lớp H = 15-20 m. Trái lại, phần lớn số cây của Rkx bị suy thoái tập trung ở nhóm D < 20 cm và lớp H < 15 m. Cấu trúc của Rkx Climax phức tạp hơn so với Rkx bị suy thoái. Đa dạng loài cây gỗ của Rkx Climax và Rkx bị suy thoái đều ở mức khá cao.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Richards. P W (1970). Rừng mưa nhiệt đới (Vương Tất Nhị dịch). NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[2]. Baur George N (1976). Cơ sở sinh thái học của kinh doanh rừng mưa (Vương Tất Nhị dịch). NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[3]. Nguyễn Văn Trương (1983). Quy luật cấu trúc rừng gỗ hỗn loài. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[4]. Thái Văn Trường (1998). Những hệ sinh thái rừng nhiệt đới ở Việt Nam. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.

[5]. Nguyễn Văn Thèm (2002). Sinh thái rừng. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

[6]. Nguyễn Văn Thèm (1992). Nghiên cứu tái sinh tự nhiên của Dầu song nạng (*Dipterocarpus dyerii* Pierre) trong kiểu rừng kín thường xanh và nửa rụng lá ẩm nhiệt đới ở Đồng Nai. Tóm tắt luận án Phó tiến sỹ khoa học nông nghiệp. Viện Khoa học Lâm nghiệp Việt Nam.

[7]. Đào Thị Thủy Dương (2019). Đặc điểm sinh thái tái sinh của Dầu con rái (*Dipterocarpus alatus* Roxb) dưới tán rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Luận án Tiến sỹ lâm nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh,

[8]. Lê Hồng Việt, Nguyễn Văn Thèm & Phạm Minh Toại (2022). Hàm ước lượng tỷ lệ cây họ Sao Dầu (*Dipterocarpaceae*) trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 2: 032-040.

DOI: 10.55250/jo.vnuf.2022.2.032-040

[9]. Lê Văn Long, Nguyễn Văn Thèm, Lê Văn Cương & Phùng Thị Tuyền (2024). Phân tích sự cạnh tranh giữa các loài cây gỗ trong rừng kín thường xanh ẩm nhiệt đới ở khu vực Tân Phú thuộc tỉnh Đồng Nai. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 3: 46-54.

DOI: 10.55250/Jo.vnuf.13.3.2024.046-054

[10]. Nguyễn Văn Thèm (2023). Một số quan điểm và đề xuất phân loại các trạng thái của rừng gỗ tự nhiên tại Việt Nam. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp. 12(6): 046-55.

DOI: 10.55250/jo.vnuf.12.5.2023.046-055

[11]. Phạm Hoàng Hộ (1999-2003), Cây cỏ Việt Nam, Quyển I, II, III. NXB Trẻ, TP. Hồ Chí Minh.

[12]. Trần Hợp & Nguyễn Bội Quỳnh (2003). Cây gỗ kinh tế ở Việt Nam. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

[13]. Gadow K & Hui G Y (2007). Characterizing forest spatial structure and diversity. Forestry studies. 46: 13-22.

[14]. Nguyễn Văn Thèm & Phạm Minh Toại (2024). Sinh thái rừng, NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.

[15]. Neumann M & Starlinger F (2001). The significance of different indices for stand structure and diversity in forests. Forest ecology Management. 145(1-2): 91-106.

[16]. Magurran A E (2003). Measuring biological diversity. John Wiley & Sons.