Tạp chí KHLN Số 6/2023
©: Viện KHLNVN - VAFS
ISSN: 1859 - 0373 Đăng tải tại: www.vafs.gov.vn

# CẤU TRÚC, ĐA DẠNG LOÀI VÀ SINH KHỐI TRÊN MẶT ĐẤT CỦA RỪNG LÁ RỘNG THƯỜNG XANH Ở VƯỜN QUỐC GIA PHIA OẮC - PHIA ĐÉN

**Quốc Minh Dũng[1], Nguyễn Thị Hương Ly[2] , Lê Anh Thanh[2], Nguyễn Văn Quý[3]**

*[1]Văn phòng tỉnh ủy, tỉnh Cao Bằng*
*[2]Trung tâm khoa học lâm nghiệp Tây Bắc - Viện khoa học lâm nghiệp Việt Nam*
*[3]Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, Chi nhánh Phía Nam*

## TÓM TẮT

Các hệ sinh thái rừng đóng một vai trò quan trọng trong việc cô lập carbon toàn cầu. Tuy nhiên, mối quan hệ giữa cấu trúc rừng và đa dạng sinh học với sinh khối carbon trên mặt đất (AGCB) vẫn chưa được hiểu rõ tại Vườn quốc gia Phia Oắc - Phia Đén. Sáu ô nghiên cứu (ONC) có diện tích 10.000 $m^2$ thuộc hai ô định vị nghiên cứu sinh thái quốc gia (ODV) số 12 và 13 đã được sử dụng cho việc thu thập dữ liệu. Trong mỗi ONC, tên loài, chiều cao vút ngọn ($H_{vn}$) và đường kính ngang ngực ($D_{1,3}$) của tất cả các cây thân gỗ có $D_{1,3}$ từ 6 cm trở lên được định danh và đo đếm. Kết quả cho thấy, tổng số 1.759 cá thể cây của 62 loài và 32 họ được ghi nhận trong 02 ODV. Trong đó, số loài, số họ và các chỉ số đa dạng Shannon-Wiener, Simpson, Pielou của ODV 13 cao hơn ODV 12. AGCB của ODV 13 cũng cao hơn ODV 12, chứng tỏ AGCB có sự liên kết với yếu tố đa dạng loài của 02 ODV. Mối quan hệ giữa $D_{1,3}$ - $H_{vn}$ của các ONC thuộc hai ODV được thể hiện bằng hệ số $R^2$ dao động ở mức tương đối chặt (0,66) đến chặt (0,84). Hàm tương quan được chọn là hàm có giá trị $R^2$ lớn nhất và giá trị AIC nhỏ nhất để hạn chế những sai lệch ít nhất trong ước tính trữ lượng carbon trong rừng. Nghiên cứu này góp phần làm rõ mối quan hệ giữa cấu trúc rừng và đa dạng sinh học với AGB trong rừng lá rộng thường xanh ở khu vực nghiên cứu.

***Từ khóa:*** Sinh khối carbon trên mặt đất, thành phần loài, cấu trúc rừng, rừng lá rộng thường xanh**.**

## STRUCTURE, SPECIES DIVERSITY AND ABOVEGROUND BIOMASS OF EVERGREEN BROADLEAF FORESTS IN PHIA OAC - PHIA DEN NATIONAL PARK

**Quoc Minh Dung[1], Nguyen Thi Huong Ly[2], Le Anh Thanh[2], Nguyen Van Quy[3]**

*[1]Provincial Party Committee Office, Cao Bang province*
*[2]Northwest Forest Science Center - Vietnam Forest Science Institute*
*[3]Vietnam - Russian Tropical Center, Southern Branch*

## ABSTRACT

Forest ecosystems play an important role in global carbon sequestration. However, the relationship between forest structure, biodiversity and aboveground biomass carbon (AGB) is still not well understood in Phia Oac - Phia Den National Park. Six study plots (ONC) with an area of 10,000 $m^2$ belonging to two permanent ecological research plots (ODV) numbers 12 and 13 were used for data collection. In each ONC, species name, total height ($H_{vn}$) and diameter at breast height ($D_{1.3}$) of all woody trees with $D_{1.3}$ of 6 cm or more are identified and measured. The results showed that a total of 1,759 individual trees belonging to 62 species and 32 families were recorded in 02 ODV. In particular, species richness, number of families and diversity indices such á Shannon-Wiener, Simpson, Pielou evenness of ODV 13 were higher than that of ODV 12. AGB of ODV 13 was also higher than ODV 12, showing that AGB is linked to species diversity in 02 ODVs. The relationships between $D_{1.3}$ - $H_{vn}$ of the ONCs were expressed by the $R^2$ coefficient, which ranges from relatively tight (0.66) to tight (0.84). The correlation function was selected with the largest $R^2$ value and the smallest AIC value to limit the least deviations in estimating carbon stocks in these forests. This study contributes to clarifying the relationship between forest structure and biodiversity with AGB in evergreen broadleaf forests in the study area.

***Keywords:*** Aboveground carbon biomass, species composition, forest structure, broadleaf evergreen forest.

## I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các hệ sinh thái rừng đóng một vai trò quan trọng trong việc hấp thụ và lưu giữ carbon (C) toàn cầu (King *et al.*, 2012), một phần lớn lượng C này được lưu trữ trong thân gỗ và cành cây, thường được gọi là sinh khối trên mặt đất (AGB) (Fahey *et al.*, 2010). AGB là một chỉ số quan trọng về khả năng lưu trữ C trong rừng (Ma *et al.*, 2021). Mặt khác, sinh khối carbon trên mặt đất (AGCB) đặc biệt là lượng C được lưu trữ trong thảm thực vật trên mặt đất, bao gồm cây gỗ, cây bụi và cỏ (Devi *et al.*, 2023). Cả AGB và AGCB đất đều rất quan trọng để hiểu chu trình carbon, ước tính trữ lượng carbon và đánh giá tiềm năng giảm nhẹ khí hậu (Handavu *et al.*, 2021; Ma *et al.*, 2021). Cấu trúc rừng đóng vai trò quan trọng trong việc xác định sinh khối trên mặt đất. Mối quan hệ giữa cây rừng và môi trường xung quanh, chẳng hạn như sự hấp thụ dinh dưỡng và nước, sự hấp thụ ánh sáng và điều kiện vi khí hậu rừng đều ảnh hưởng đến sự phát triển của lâm phần và có tác động trực tiếp đến sinh khối của lâm phần (Gonçalves, 2022). Nghiên cứu mối quan hệ giữa cấu trúc rừng và sinh khối carbon trên mặt đất bao gồm việc tìm hiểu các yếu tố như khí hậu, đa dạng sinh học và các thuộc tính cấu trúc ảnh hưởng như thế nào đến lượng carbon lưu trữ trong sinh khối rừng (Dyola *et al.*, 2022).

Mối quan hệ giữa cấu trúc rừng và sinh khối carbon trên mặt đất đã được nhiều tác giả đề cập trong một số công bố. Trong một nghiên cứu gần đây, người ta đã phát hiện ra rằng, AGCB giảm khi độ phong phú loài, tiết diện ngang và trữ lượng ở các loại rừng khác nhau giảm (Khamphet *et al.*, 2023). Nghiên cứu của Dyola *et al.* (2022) đã chỉ ra rằng sự phong phú về loài là động lực mạnh mẽ cho AGB rừng, với số lượng loài càng lớn thì AGB càng cao. Tỷ lệ cây có đường kính lớn trong rừng đóng vai trò quan trọng trong việc lưu trữ carbon và những khu rừng trưởng thành chứa một lượng sinh khối đáng kể (Bordin *et al.*, 2021). Một nghiên cứu khác tập trung vào các quần thể thông Crimean và phát hiện ra rằng ước tính mức tăng sinh khối đang giảm theo tuổi cây và tăng theo mật độ rừng và chỉ số vị trí, đồng thời mật độ lâm phần là đặc điểm mạnh nhất về mức tăng sinh khối (Sağlam và Sakici, 2023). Trong khi đó, nghiên cứu của Gonçalves (2018) nhấn mạnh vào tầm quan trọng của các biện pháp đo lường sinh khối trên mặt đất và các chỉ số đa dạng để mô tả chính xác cấu trúc rừng. Nhìn chung, nghiên cứu mối quan hệ giữa cấu trúc rừng và AGB cũng như AGCB giúp chúng ta có cái nhìn tổng quan về yếu tố góp phần lưu trữ carbon trong rừng và có thể cung cấp thông tin cho các nỗ lực bảo tồn và giảm thiểu biến đổi khí hậu (Dyola *et al.*, 2022).

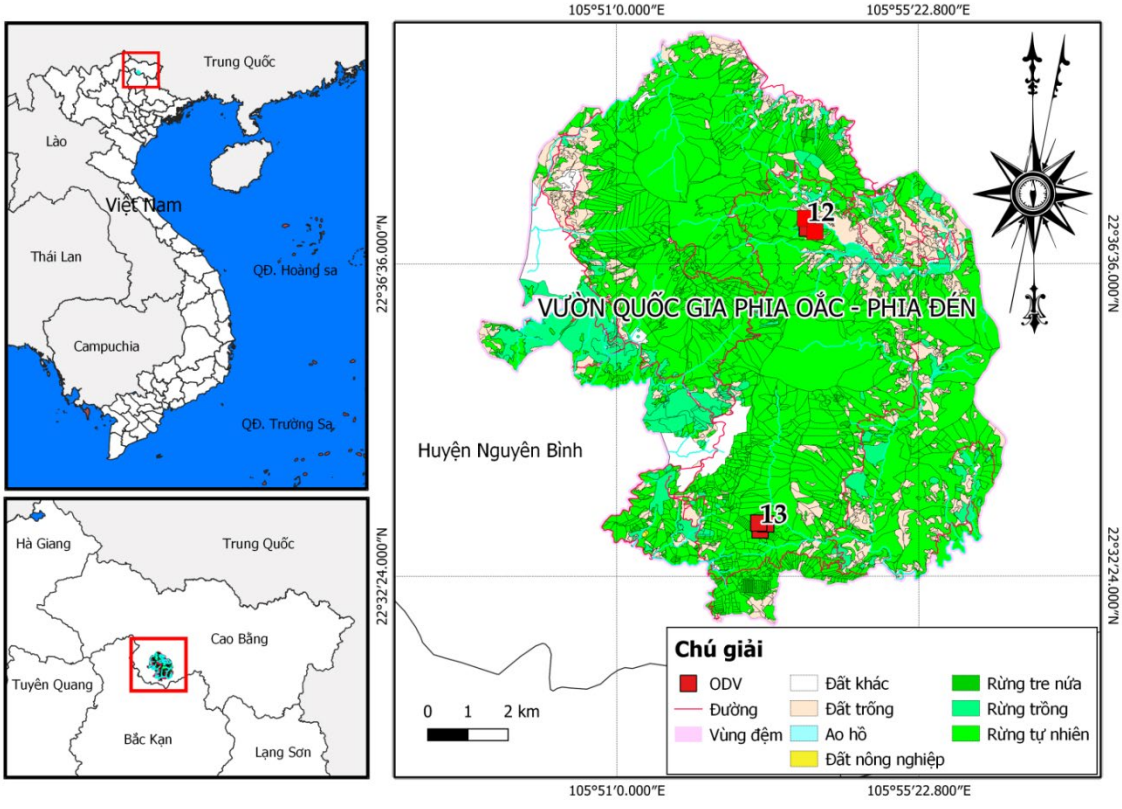
Nghiên cứu này đánh giá mối quan hệ của các nhân tố cấu trúc và các đặc trưng đa dạng loài đến sinh khối carbon trên mặt đất của rừng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới núi đất tại Vườn Quốc gia (VQG) Phia Oắc - Phia Đén, từ đó cung cấp thông tin cần thiết cho nỗ lực bảo quản lý rừng bền vững tại VQG này.

## II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Khu vực nghiên cứu

VQG Phia Oắc - Phia Đén thuộc huyện Nguyên Bình, tỉnh Cao Bằng, tiền thân là Khu bảo tồn thiên nhiên Phia Oắc - Phia Đén, được Thủ tướng Chính phủ thành lập theo Quyết định số 57/QĐ-TTg ngày 11/01/2018. Vườn Quốc gia Phia Oắc - Phia Đén với tổng diện tích 10.593,5 ha, có toạ độ địa lý: Từ 22º31'44" đến 22º39' 41" vĩ độ Bắc, từ 105º49'53" đến 105º56' 24" kinh độ Đông. Rừng ở VQG thuộc kiểu rừng kín thường xanh, mưa ẩm á nhiệt đới (Phạm Thị Lan Anh, 2022). Phia Oắc-Phia Đén có phần lớn diện tích nằm ở độ cao 700 - 1.950 m so với mực nước biển. Nhiệt độ trung bình năm là 18ºC, trong khi lượng mưa bình quân năm là 1.592 mm.

Đối tượng nghiên cứu là quần xã thực vật rừng lá rộng thường xanh trên hai ô định vị theo dõi sinh thái quốc gia (ODV) số 12 và 13 thuộc diện tích VQG Phia Oắc - Phia Đén. ODV 12 có tọa độ 592.381 E; 2.501.434 N thuộc tiểu khu 333, thôn Lũng Mười, xã Quang Thành và ODV 13 có tọa độ 592.381 E; 2.493.434 N thuộc tiểu khu 155, thôn Khau Cảng, xã Thành Công.




**Hình 1.** Bản đồ Vườn Quốc gia Phia Oắc - Phia Đén và vị trí các ô định vị 12 và 13

## 2.2. Thu thập số liệu

Nghiên cứu này kế thừa số liệu điều tra trên 02 ODV 12 và ODV 13 năm 2020 của Phân viện Điều tra, Quy hoạch Rừng Đông Bắc Bộ. Mỗi ODV có diện tích 100 ha, bao gồm 03 ô nghiên cứu (ONC) (ODV 12 có 03 ONC là 12.1, 12.2, 12.3 và ODV 13 có 03 ONC là 13.1, 13.2, 133), mỗi ONC có diện tích 10.000 $m^2$ (kích thước 100 × 100 m). Trên mỗi ONC thiết kế 25 ô đo đếm (ODD) được đánh số liên tục với số hiệu từ 1 đến 25 (đánh số theo nguyên tắc từ trái sang phải, từ trên xuống dưới), mỗi ODD có diện tích 400 $m^2$ (kích thước 20 × 20 m). Trong mỗi ODD, đánh dấu và đếm toàn bộ số cây trong ô bao gồm: xác định tên loài; đo chu vi tại vị trí 1,3 m hoặc $D_{1,3}$ của tất cả các cây có đường kính lớn hơn hoặc bằng 6 cm bằng thước dây độ chính xác 0,1 cm; đo chiều cao vút ngọn ($H_{vn}$) của toàn bộ các cây có trong các phân ô có số thứ tự lẻ bằng thước Blumeleiss với độ chính xác 0,5 m.

## 2.3. Phân tích số liệu

***Cấu trúc rừng:***

Tiết diện ngang thân cây (G, $m^2$) được tính bằng công thức:

$$G = \frac{\pi(\frac{DHB}{2})^2}{1000} \quad (1)$$

Trữ lượng (M, $m^3$):

$$M = G \times H_{vn} \times 0,45 \quad (2)$$

*Trong đó:* $H_{vn}$ là tổng chiều cao của cây (m).

Sinh khối trên mặt đất (AGB, kg) được tính

theo phương trình của Bao Huy (2009):

$AGB = 0{,}2626 \times D_{1,3}^{2{,}3955}$ (3)

Sinh khối carbon trên mặt đất (AGCB, tấn) được ước tính với giả định 47% sinh khối cây là sinh khối carbon (C) (Eggleston *et al.*, 2006):

$AGCB = AGB \times 0{,}47$ (4)

Mối quan hệ giữa đường kính và chiều cao ($D_{1,3}$ - $H_{vn}$): Nghiên cứu này sử dụng 10 hàm tương quan trong phần mềm Past 4.13 - Paleontological STatistics để lựa chọn hàm tương quan mô phỏng tốt nhất cho quan hệ đường kính và chiều cao cây rừng:

Linear: $y = ax + b$ (5)

Quadratic: $y = ax^2 + bx + c$ (6)

Power: $y = axb$ (7)

Exponential: $y = aebx + c$ (8)

Von Bertalanffy: $y = a(1 - be\text{-}cx)$ (9)

Michaelis-Menten: $y = ax/(b+x)$ (10)

Logistic: $y = a/(1 + be\text{-}cx)$ (11)

Gompertz: $y = aebe\text{^}(cx)$ (12)

Gaussian: $y = ae\text{-}(x\text{-}b)\text{^}2/(2c\text{^}2)$ (13)

Hill's equation: $y = d + (a\text{-}d)/(1 + (b/x)c)$ (14)

Dạng hàm mô tả tốt nhất cho mối quan hệ giữa đường kính và chiều cao cây rừng được lựa chọn khi có chỉ số AIC (Akaike Information Criteria) nhỏ nhất và hệ số xác định $R^2$ lớn nhất.

Việc lựa chọn hàm mô tả tốt nhất và phân tích tương quan được thực hiện trên phần mềm PAST 4.13 (Paleontological Statistics) (https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/).

***Thành phần và đa dạng loài cây gỗ:***

Chỉ số quan trọng IV% (Important Value):

$$IV(\%) = \frac{N\% + G\%}{2} \quad (15)$$

Trong đó: IV% là chỉ số mức độ quan trọng của loài trong quần xã; N% là mật độ tương đối (N% = Ni/N); G% là tiết diện ngang thân cây tương đối (G% = Gi/G); Ni và Gi là mật độ và tổng tiết diện ngang của loài i.

Đa dạng loài cây tầng cây cao: Để so sánh tính đa dạng của cây gỗ lớn và cây tái sinh được sử dụng 4 chỉ số đa dạng của Magurran (2013) sau đây:

- Chỉ số Simpson:

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^{n} P_i^2 \quad (6)$$

Chỉ số J' của Pielou:

$J' = H'/\log 2S$ (16)

- Chỉ số Shannon-Wiener:

$$H' = -\sum_{i=1}^{n} P_i \log_2 (P_i) \quad (8)$$

Chỉ số Margalef (d):

$d = S - 1/\log N$ (9)

Trong đó: Pi = ni/N, ni là số cây loài thứ i, N là tổng số cây của các loài, S là tổng số loài.

Các chỉ số đa dạng loài cây gỗ được tính toán thông qua phần mềm PAST 4.13 (Paleontological Statistics) (https://www.nhm.uio.no/english/research/resources/past/).

Tính tương đồng của 2 trạng thái rừng được thực hiện dựa trên chỉ số tương đồng Jaccard (C'), được đánh giá cho các loài để so sánh sự giống nhau ở hai quần xã (Fletcher *et al.*, 2018). Công thức như sau: $C' = c/(a + b - c)$ (17), trong đó a và b là số lượng loài trong hai quần xã và c là số lượng loài chung trong hai quần xã.

## III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Một số đặc điểm cơ bản của các lâm phần nghiên cứu

Tổng số 1.759 cá thể cây gỗ đại diện cho 62 loài và 32 họ khác nhau được ghi nhận trên 02 ODV gồm 06 ONC có diện tích 06 ha. Kết quả đặc điểm chính của hai ODV được trình bày tại bảng 1.

**Bảng 1.** Đặc điểm chính của hai ô định vị sinh thái (Trung bình ± độ lệch chuẩn)

| TT | Đặc điểm | ODV 12 | ODV 13 |
|---|---|---|---|
| 1 | Số ONC | 3 | 3 |
| 2 | Số loài | 46 | 54 |
| 3 | Số họ | 25 | 30 |
| 4 | N (cây/ha) | 209 ± 7,27 | 378 ± 9,44 |
| 5 | Shannon-Wiener (H') | 2,87 ± 0,23 | 3,04 ± 0,23 |
| 6 | Simpson (D) | 5,51 ± 0,63 | 6,40 ± 1,10 |
| 7 | Pielou (J') | 0,85 ± 0,04 | 0,83 ± 0,04 |
| 8 | $D_{1,3}$ (cm) | 15,53 ± 8,52 | 17,62 ± 10,12 |
| 9 | $H_{vn}$ (m) | 9,8 ± 3,32 | 12,11 ± 4,27 |
| 10 | G ($m^2$/ha) | 5,07 ± 0,29 | 12,26 ± 0,04 |
| 11 | M ($m^3$/ha) | 31,33 ± 0,03 | 90,99 ± 0,36 |
| 12 | AGB (tấn/ha) | 59,68 ± 0,48 | 152,54 ± 0,59 |
| 13 | AGCB (tấn/ha) | 28,05 ± 0,23 | 71,69 ± 0,28 |

Đặc điểm cơ bản của hai ODV được trình bày trong bảng 1. ODV 12 có mật độ 209 ± 7,27 cây/ha, trong khi ODV 13 có mật độ 378 ± 9,44 cây/ha. Đường kính trung bình ODV 12 là 15,53 ± 8,52 cm trong khi đó ODV 13 là 17,62 ± 10,12 cm. Tiết diện ngang thân cây và sinh khối trên mặt đất được ước tính dựa trên đường kính thân cây, do đường kính trung bình và mật độ trung bình của ODV 12 thấp hơn ODV 13 dẫn tới tiết diện ngang thân cây của ODV 12 là 5,07 ± 0,29 $m^2$/ha thấp hơn ODV 13 là 12,26 ± 0,04 $m^2$/ha và khối lượng sinh khối trên mặt đất ODV 12 là 59,68 ± 0,48 tấn/ha cũng thấp hơn ODV 13 là 152,54 ± 0,59 tấn/ha. Chiều cao trung bình ở ODV 12 là 9,8 ± 3,32 m và ODV 13 là 12,11 ± 4,27 m. Trữ lượng lâm phần của ODV 12 (31,33 ± 0,03 $m^3$/ha) thấp hơn ODV 13 (90,99 ± 0,36 $m^3$/ha). Ước tính có khoảng 28,05 ± 0,23 tấn/ha carbon được tích lũy tại ODV 12 thấp hơn 71,69 ± 0,28 tấn/ha được tích lũy tại ODV 13. Kết quả bảng 1 cho thấy đa loài cây của ODV 13 (54 loài) lớn hơn ODV 12 (46 loài). Các chỉ số so sánh về đa dạng sinh học của Shannon-Wiener (H'), Simpson (D), Pielou (J') đều chỉ ra rằng ODV 13 có sự đa dạng lớn hơn ODV 12.

**Bảng 2.** Thành phần loài của hai ô định vị sinh thái

| ODV | Tên loài | Họ | Ni % | Gi % | IV % |
|---|---|---|---|---|---|
| ODV 12 | Vối thuốc | Chè (Theaceae) | 6,87 | 17,62 | 12,25 |
| | Nóng | Dương đào (Actinidiaceae) | 12,94 | 6,24 | 9,59 |
| | Lá nến | Thầu Dầu (Euphorbiaceae) | 11,82 | 6,31 | 9,06 |
| | Trường hôi | Bàng quang quả (Staphyleaceae) | 9,27 | 6,99 | 8,13 |
| | Muồng đen | Đậu (Fabaceae) | 3,51 | 10,45 | 6,98 |
| | Mãi táp | Cà phê (Rubiaceae) | 10,22 | 2,94 | 6,58 |
| | Kháo vàng | Long não (Lauraceae) | 5,27 | 6,32 | 5,80 |
| | Thôi ba | Thôi ba (Alangiaceae) | 3,99 | 7,31 | 5,65 |
| | 38 Loài khác | 22 họ | 36,10 | 35,81 | 35,96 |
| ODV 13 | Dẻ gai | Dẻ (Fagaceae) | 12,09 | 30,54 | 21,32 |
| | Lòng trứng đuôi | Long não (Lauraceae) | 12,71 | 8,11 | 10,41 |
| | Trám trắng | Trám (Burseraceae) | 7,06 | 5,43 | 6,25 |
| | Kháo vàng | Long não (Lauraceae) | 8,03 | 4,36 | 6,20 |
| | 50 loài khác | 28 họ | 60,11 | 51,56 | 55,83 |

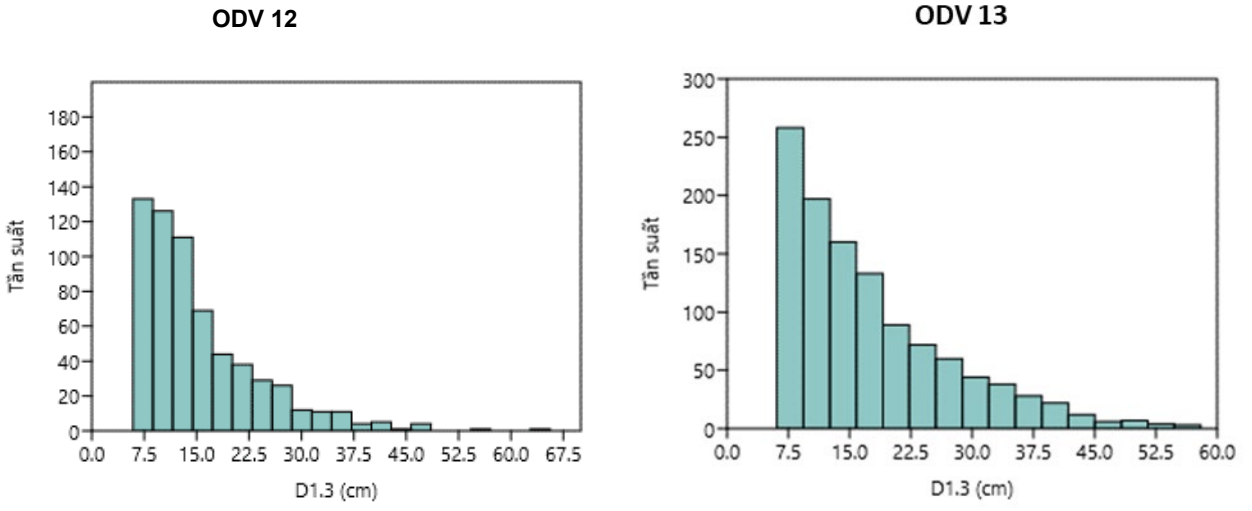
Trong 03 ONC của ODV 12 đã ghi nhận tổng cộng 626 cá thể thuộc 46 loài và 25 họ, với mật độ trung bình là 209 ± 7,27 cây/ha (bảng 1). Trong ODV 12, các loài cây chiếm ưu thế nhất bao gồm Vối thuốc (12,25%) (*Schima superba* Gaertn. Et Champ), Nóng (9,59%) (*Saurauia napaulensis* C. F. Liang), Lá nến (9,06%) (*Macaranga denticulata* Muell.Arg), Trường hôi (8,13%) (*Tapiscia sinensis*), Muồng đen (6,98%) (*Cassia siamea*), Mãi táp (6,58%) (*Aidia oxyodonta*), Kháo vàng (5,8%) (*Macchilus* sp), Thôi ba (5,65%) (*Alangium chinense* (Lour.) Harms) và 38 loài thuộc 22 họ khác nhau chiếm 35,96% tổng giá trị IV% (bảng 2).

Tổng cộng có 1.133 cá thể cây gỗ với trung bình 378 ± 9,44 cây/ha ở 54 loài và 30 họ được đo đếm tại ODV 13 (bảng 1). Các loài chiếm ưu thế là Dẻ gai (21,32%) (*Castanopsis indica*), Lòng trứng đuôi (10,41%) (*Lindera glauca* (Sieb et Zucc) Blunne), Trám trắng (6,25%) (*Canarium album*), Kháo vàng (6,2%) (*Macchilus sp*), 50 loài khác thuộc 28 họ chiếm 55,83% trong tổng giá trị IV% (bảng 2).

Khi nghiên cứu về đa dạng xã hợp thực vật, tác giả Bảo Huy (2017) đã chia xã hợp thực vật gồm 3 cấp độ: Phức hợp (có sự đa dạng loài cao nhưng không có loài ưu thế rõ rệt), ưu hợp thực vật (có 3 - 5 loài ưu thế, chiếm khoảng 50% số cá thể trong tầng sinh thái), quần hợp thực vật (có 1 - 2 loài chiếm ưu thế tuyệt đối với tỷ lệ chiếm trên 90% trong quần thể). Từ kết quả nghiên cứu này, có thể xác định quần xã của ODV 12 và ODV 13 thuộc quần xã thực vật phức hợp. Sự đa dạng của các loài cây sẽ đóng vai trò quan trọng trong sự gia tăng sinh khối cây, nhấn mạnh tầm quan trọng của sự đa dạng loài như một yếu tố thúc đẩy quá trình hấp thụ và lưu trữ carbon (Dyola *et al.*, 2022). Trong nghiên cứu này, đã quan sát thấy số loài, số họ và các chỉ số đa dạng Shannon-Wiener (H'), Simpson (D), Pielou (J') của ODV 13 cao hơn ODV 12. Đồng thời, lượng sinh khối carbon trên mặt đất của ODV 13 cũng cao hơn ODV 12, cho thấy một liên kết với yếu tố đa dạng loài của hai ODV. Nghiên cứu của Tran Van Con *et al.* (2013) cũng chỉ ra rằng sự đa dạng về cấu trúc loài là một chỉ số hợp lý đại diện cho vai trò của rừng nhiệt đới trong việc tích trữ sinh khối, đồng thời gợi ý rằng các khu rừng có độ tuổi không đồng đều và nhiều tầng tán nên khuyến khích trồng rừng để tích trữ carbon.

### 3.2. Đặc điểm cấu trúc rừng

Phân bố $N/D_{1,3}$ của 2 ODV được trình bày trong hình 1 cho thấy số lượng cây giảm dần khi tăng cấp đường kính. Kiểu dạng phân bố hình chữ J ngược của hai ODV này đồng nhất với kiểu phân bố, của rừng kín thường xanh mà nhiều tác giả đã công bố như nghiên cứu của Bảo Huy (2017), Cao Thị Thu Hiền và Nguyễn Thúy (2019), ODV 12 có đường kính dao động từ 6 đến 65,6 cm với đường kính trung bình là 15,53 ± 8,52 cm. ODV 13 có đường kính dao động từ 8,1 đến 58,0 cm với đường kính trung bình là 17,62 ± 10,12 cm. Kết quả nghiên cứu cho thấy cả hai ODV đều thấy các cây có cỡ đường kính nhỏ chiếm ưu thế trong lâm phần. Phân bố $N/D_{1,3}$ của nghiên cứu này có kết quả phù hợp với quy luật chung của rừng tự nhiên lá rộng thường xanh tại Vườn quốc gia Vũ Quang - Hà Tĩnh (Nguyễn Thị Thu Hiền, 2015) và phù hợp với kết quả nghiên cứu quy luật phân bố số cây theo cỡ kính ở Vườn quốc gia Phia Oắc - Phia Đén (Cao Thị Thu Hiền và Nguyễn Thúy, 2019).



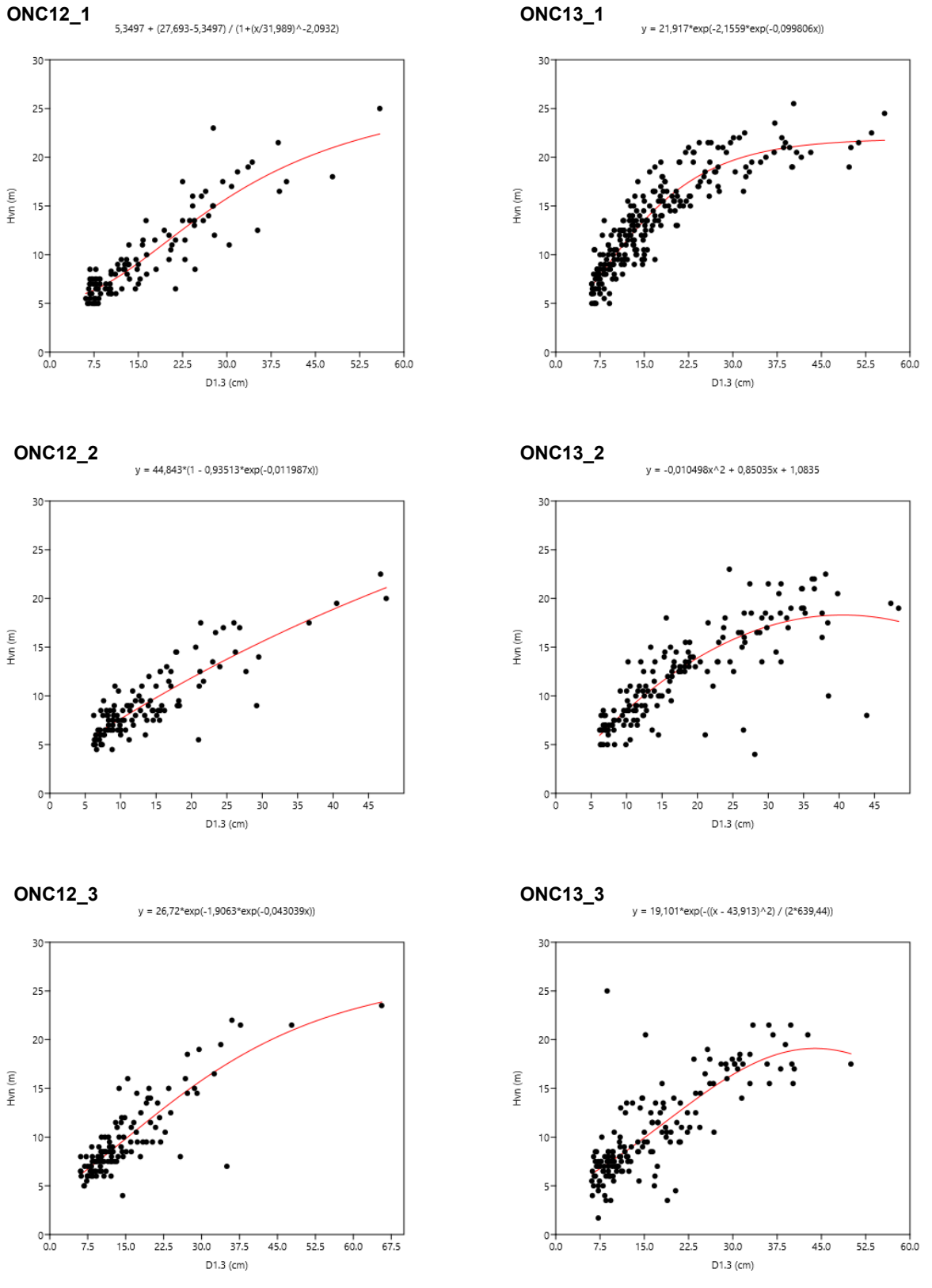

**Hình 1.** Phân bố N/$D_{1,3}$ của hai ô định vị sinh thái

Mối quan hệ giữa $H_{vn}$ - $D_{1,3}$ của các ONC thuộc hai ODV được thể hiện bằng hệ số $R^2$ dao động ở mức tương đối chặt (0,66) đến chặt (0,84) (bảng 3). Các hàm tương quan mô tả phù hợp cho quan hệ $H_{vn}$ - $D_{1,3}$ là hàm Hill, von Bertalanffy, Gomppertz, Quadratic, Gaussian (bảng 3). Biểu đồ mô phỏng tương quan giữa $H_{vn}$ - $D_{1,3}$ ở các ONC thuộc hai ODV được trình bày ở hình 2.

**Bảng 3.** Mối quan hệ giữa chiều cao vút ngọn (H) với đường kính ngang ngực (D) của hai ODV

| ODV | ONC | Dạng hàm | Akaike Icc | $R^2$ | Hàm tương quan |
|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 12_1 | Hill | 412,23 | 0,81 | *H* = 5,3497+ (27,693 - 5,3497)/(1+(*D*/31,989)^-2,0932) |
| | 12_2 | von Bertalanffy | 409,01 | 0,73 | *H* = 44,843*(1 - 0,93513*exp(-0,011987**D*)) |
| | 12_3 | Gomppertz | 511,32 | 0,71 | *H* = 26,72*exp(-1,9063*exp(-0,043039**D*)) |
| 13 | 13_1 | Gomppertz | 897,29 | 0,84 | *H* = 21,917*exp(-2,1559*exp(-0,099806**D*)) |
| | 13_2 | Quadratic | 1157,10 | 0,69 | *H* = -0,010498D^2+0,85035**D* + 1,0835 |
| | 13_3 | Gaussian | 1231,90 | 0,66 | *H* = 19,101*exp(-((*D*-43,913)^2)/(2*639,44)) |

Mối quan hệ giữa chiều cao và đường kính của cây rừng nhận được rất nhiều sự chú ý trong thời gian dài vì ước tính không chính xác về chiều cao của cây có thể ảnh hưởng nghiêm trọng đến ước tính trữ lượng carbon trong rừng (Kearsley *et al.*, 2013). Những mối quan hệ không chính xác này sẽ dẫn đến việc đánh giá quá cao trữ lượng carbon trên mặt đất tới 24% (Kearsley *et al.*, 2017). Trong nghiên cứu này, đã sử dụng 10 hàm lý thuyết để chọn ra hàm mô tả tốt nhất cho mối quan hệ $H_{vn}$-$D_{1,3}$. Hàm tương quan được chọn là hàm có giá trị $R^2$ lớn nhất và giá trị AIC (Akaike Information Criterion) nhỏ nhất để hạn chế những sai lệch ít nhất.




**Hình 2.** Biểu đồ tương quan giữa chiều cao vút ngọn với đường kính ngang ngực của các ONC

## 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu về đa dạng loài, thành phần quần xã và cấu trúc lâm phần của rừng kín thường xanh, mưa ẩm á nhiệt đới tại VQG Phia Oắc - Phia Đén đã cho thấy có 1.759 cá thể cây gỗ đại diện cho 62 loài và 32 họ khác nhau được ghi nhận trên 02 ODV.

Trong nghiên cứu này, đã quan sát thấy sinh khối carbon trên mặt đất của ODV 13 cao hơn ODV 12, cho thấy một liên kết với yếu tố đa dạng loài của hai ODV. Loài chiếm ưu thế cao nhất ở ODV 12 là Vối thuốc thuộc họ Chè (Theaceae), trong khi đó, ở ODV 13 là loài Dẻ gai họ Dẻ (Fagaceae).

Phân bố $N/D_{1,3}$ của 2 ODV có hình chữ J ngược. Mối quan hệ giữa $D_{1,3}$ - $H_{vn}$ của các ONC thuộc hai ODV được thể hiện bằng hệ số $R^2$ dao động ở mức tương đối chặt (0,66) đến chặt. Hàm tương quan được chọn là hàm có giá trị $R^2$ lớn nhất và giá trị AIC nhỏ nhất để hạn chế những sai lệch ít nhất trong ước tính trữ lượng carbon trong rừng.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO


1. Bao Huy, 2009. Methodology for research on $CO_2$ sequestration in natural forests to join the program of reducing emissions from deforestation and degradation. Science Technology Journal of Agriculture and Rural Development 130: 85 - 91.
2. Bảo Huy, 2017. Nghiên cứu đa dạng thảm thực vật rừng, xã hợp thực vật và các khu rừng có giá trị bảo tồn cao (HCVFs) ở tỉnh Đắk Lắk. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp 3: 31 - 41.
3. Bordin K.M., Esquivel-Muelbert A., Bergamin R.S., Klipel J., Picolotto R.C., Frangipani M.A., Zanini K.J., Cianciaruso M.V., Jarenkow J.A., and Jurinitz C.F., 2021. Climate and large-sized trees, but not diversity, drive above-ground biomass in subtropical forests. Forest Ecology and Management 490: 119126.
4. Cao Thị Thu Hiền và Nguyễn Thúy Hồng, 2019. Một số đặc điểm cấu trúc của từng kín thường xanh mưa ẩm nhiệt đới núi đất tại vườn Quốc gia Phia Oắc-Phia Đén, huyện Nguyên Bình, tỉnh Cao Bằng. Tạp chí Khoa học và Công nghệ Lâm nghiệp 5.
5. Devi N., Thakur A., and Singh H., 2023. Allometric equations for evaluating above-ground biomass and carbon storage capability of Indian bamboos: Review approach. Ecology Environment & Conservation 29(2): 921 - 927.
6. Dyola N., Sigdel S.R., Liang E., Babst F., Camarero J.J., Aryal S., Chettri N., Gao S., Lu X., and Sun J., 2022. Species richness is a strong driver of forest biomass along broad bioclimatic gradients in the Himalayas. Ecosphere 13(6): e4107.
7. Eggleston H., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K., 2006. 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
8. Fahey T.J., Woodbury P.B., Battles J.J., Goodale C.L., Hamburg S.P., Ollinger S.V., and Woodall C.W., 2010. Forest carbon storage: ecology, management, and policy. Frontiers in Ecology and the Environment 8(5): 245 - 252.
9. Fletcher R., Fortin M.-J., Fletcher R., and Fortin M.-J., 2018. Introduction to spatial ecology and its relevance for conservation. Spatial Ecology and Conservation Modeling: Applications with R: 1 - 13.
10. Gonçalves A.C., 2018. Effects of forest stand structure in biomass and carbon. Forest Biomass and Carbon: IntechOpen.
11. Gonçalves A.C., 2022. Influence of stand structure on forest biomass sustainability. Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability (pp. 327 - 352): Elsevier.
12. Handavu F., Syampungani S., Sileshi G.W., and Chirwa P.W., 2021. Aboveground and belowground tree biomass and carbon stocks in the miombo woodlands of the Copperbelt in Zambia. Carbon Management 12(3): 307 - 321.
13. Kearsley E., De Haulleville T., Hufkens K., Kidimbu A., Toirambe B., Baert G., Huygens D., Kebede Y., Defourny P., and Bogaert J., 2013. Conventional tree height-diameter relationships significantly overestimate aboveground carbon stocks in the Central Congo Basin. Nature communications 4(1): 2269.

14. Kearsley E., Moonen P.C., Hufkens K., Doetterl S., Lisingo J., Boyemba Bosela F., Boeckx P., Beeckman H., and Verbeeck H., 2017. Model performance of tree height-diameter relationships in the central Congo Basin. Annals of Forest Science 74: 1 - 13.
15. Khamphet P., Cao Thi Thu H., and Nguyen Hong H., 2023. The relationships of taxonomic and structural attributes on above ground carbon biomass of tropical dry forests in Phou Khao Khouay national park, Laos. Journal of Forestry Science and Technology 15: 27 - 37.
16. King A.W., Hayes D.J., Huntzinger D.N., West T.O., and Post W.M., 2012. North American carbon dioxide sources and sinks: magnitude, attribution, and uncertainty. Frontiers in Ecology and the Environment 10(10): 512-519.
17. Ma H., Mo L., Crowther T.W., Maynard D.S., van den Hoogen J., Stocker B.D., Terrer C., and Zohner C.M., 2021. The global distribution and environmental drivers of aboveground versus belowground plant biomass. Nature Ecology & Evolution 5(8): 1110 - 1122.
18. Magurran A. (2013). Measuring biological diversity. Hoboken: NJ: John Wiley & Sons.
19. Nguyễn Thị Thu Hiền, 2015. Nghiên cứu động thái cấu trúc rừng tự nhiên ở Vườn quốc gia Vũ Quang, tỉnh Hà Tĩnh. Tạp chí Khoa học Lâm nghiệp 3: 3904 - 3910.
20. Phạm Thị Lan Anh, 2022. Nâng cao hiệu quả quản lý, bảo vệ rừng tại Vườn quốc gia Phia Oắc - Phia Đén. Tạp chí Môi trường 3: 56 - 57.
21. Saglam F., and Sakici O.E., 2023. Allometric relationships between above-ground biomass increment and stand characteristics for crimean pine in Taşköprü, Turkey. CERNE 29: e-103169.
22. Tran Van Con, Nguyen Toan Thang, Cao Chi Khiem, Tran Hoang Quy, Vu Tien lam, Tran Van Do, and Tamotsu, 2013. Relationship between aboveground biomass and measures of structure and species diversity in tropical forests of Vietnam. Forest Ecology and Management 310: 213 - 218.

**Email tác giả liên hệ:** nguyenhuongly0897@gmail.com
**Ngày nhận bài:** 31/10/2023
**Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa:** 08/11/2023
**Ngày duyệt đăng:** 13/11/2023